

CASO PRÁCTICO DE INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES WINr DE RADAR EN MODO DOPPLER

M^a Pilar Sanz Moral
 Instituto Nacional de Meteorología.
 Centro Meteorológico Territorial en Cantabria y Asturias
 C/Ricardo Lorenzo s/n , Santander
pilar.s@inm.es

INTRODUCCIÓN: El objetivo de este trabajo es familiarizar a los predictores con el uso y significado de las imágenes de viento en modo doppler, que proporcionan los radares actualmente operativos en el Instituto Nacional de Meteorología. Para ello, se expone un caso práctico de interpretación de este tipo de imágenes.

El radar meteorológico actualmente operativo en el Instituto Nacional de Meteorología, puede trabajar en dos formas o “modos” de operación, a saber: en “MODO NORMAL” y en “MODO DOPPLER”, y proporciona imágenes cada 10 minutos. La diferencia entre uno y otro modo de operación, queda resumida en la siguiente tabla:

| | MODO NORMAL | MODO DOPPLER |
|--------------------------------|--|--|
| ALCANCE | Radio 240 Km | Radio 120Km |
| RESOLUCIÓN | 2Km x 2Km | 1Km x 1Km |
| PRODUCTOS | Echotop, Perfil vertical ppi, cappis, Vil, etc | Viento Turbulencia ppi, VAD |
| UMBRAL MÍNIMO DE VISUALIZACIÓN | 12 decibelios | 12 decibelios, en productos de reflectividad. Sin umbral en los productos de viento y turbulencia |
| ECOS DE TIERRA | Existe una máscara de ecos de tierra | Permite detectar ecos fijos permanentes y eliminarlos. |

Tabla 1.- Algunas características del radar actualmente operativo en el Instituto Nacional de Meteorología

El fenómeno físico en el que se basa el funcionamiento del radar Doppler, es el conocido efecto del mismo nombre, que consiste en el “Cambio de la frecuencia observada, de una onda acústica o electromagnética, debido al movimiento relativo de la fuente o del observador”. El caso del radar es el de una fuente fija de ondas: el radar, y de una serie de blancos meteorológicos que se mueven con respecto a él. La base del funcionamiento del radar doppler es medir la relación entre la frecuencia señal transmitida (desde el radar) y la frecuencia de la señal recibida (procedente del blanco móvil):

$$f \text{ recibida} = f \text{ emitida} - \frac{2 * V_r}{\lambda} \quad (1)$$

V_r = Velocidad radial del blanco y λ = longitud de onda

Se trata, pues, de un radar de tipo coherente es decir, que permite determinar el desplazamiento de un blanco. En las imágenes de MODO DOPPLER se eliminan los ecos de tierra: este hecho es fácil de entender si se tiene en cuenta que, dado que los ecos de tierra son ecos fijos, no se mueven: el haz del radar "choca" siempre con ellos a la misma distancia y puede eliminarse su señal, puesto que su velocidad relativa respecto al radar es cero.

Cuando se quiere elaborar un producto de precipitación (como el PPI, por ejemplo), el radar considera como umbral mínimo, el valor de 12 Decibelios para que la señal aparezca en pantalla, tanto en MODO NORMAL como en MODO DOPPLER. Cuando lo que quiere visualizar es el campo de viento, lo que interesa es detectar cualquier blanco que pueda servir como trazador de viento, por este motivo, el radar tiene en cuenta todas las señales que aparezcan con ecos superiores a -30 decibelios, que podrán aparecer en la imagen de viento o de turbulencia (siempre que no se trate de blancos fijos).

INTERPRETACIÓN DE LAS IMÁGENES DE VIENTO EN MODO DOPPLER:

Las imágenes de viento en modo doppler, dan la componente radial del campo de viento en cada punto. La representación en pantalla, en los radares operativos del INM, se hace considerando que los colores de la gama azul-verde, corresponden a valores de velocidad radial negativos, que indican sentido de acercamiento del blanco hacia el radar. Los colores de la gama rojo- naranja, corresponden a valores de velocidad radial positiva, que indican sentido de alejamiento del blanco con respecto al radar.

La interpretación de imágenes de viento en modo doppler se hace con los siguientes criterios.

1º Se buscan zonas de gradiente de colores: cuanto mayor sea ese gradiente, mayor es la variación del viento en la zona en la que aparece, ya sea a la

misma altura (puntos a la misma distancia del emplazamiento del radar) o en la vertical (puntos a diferente distancia del radar, en dirección radial), lo cual, en el caso de un anafrente puede indicar cizalladura.

2° Se busca la línea blanca (o gris) que delimita la zona de separación entre los colores que indican acercamiento hacia el radar y los que marcan alejamiento y se traza la recta que una cada punto de esa línea gris, con el emplazamiento del radar. Después se trazan las perpendiculares a esas líneas en cada punto, que indicarán el viento real en ese punto. A partir del campo de vectores dibujado, puede apreciarse si existe giro ciclónico del viento con la altura (y, por tanto advección fría) o giro anticiclónico del viento con la altura (y, por tanto advección cálida). Más directamente, puede decirse que: si la forma que presenta la línea gris es de una S directa, puede tratarse de una advección cálida mientras que, para una S indirecta, puede ser una advección fría. (Esta regla tiene utilidad para los vientos geostrófico y térmico, pero no para el viento real: “ Hay que hacer notar que el viento térmico de una capa aparece ligado a los vientos geostróficos (teoría geostrófica) en los niveles extremos de la capa. Aquí estamos haciendo la suposición de que el viento real, medido por el radar en modo Doppler, es cuasigeostrófico y, por lo tanto, en primera aproximación se pueden aplicar las ideas relacionadas con el viento térmico”).

3° Buscar "quiebros" en esta línea de separación, que pueden ser indicativos de un paso frontal. En ocasiones, este quiebro puede ser debido a efectos orográficos. En cualquier caso, además del radar, existen imágenes de satélite, observaciones, etc, que pueden ratificar la presencia del frente. (Ver modelo conceptual).

4° También pueden buscarse en las imágenes, las zonas en las que se aprecia una variación brusca de colores en zonas muy limitadas. En algunos casos como el que se estudia, estas líneas tienen una continuidad temporal en las distintas imágenes. Esto puede indicar una zona de turbulencia asociada al paso del frente, que puede contrastarse en la imagen de turbulencia en modo Doppler (no disponibles en esta situación).

En las siguientes figuras se muestran algunos modelos conceptuales de imágenes de viento doppler que sirven de guía para la interpretación de estos productos en el caso de paso frontal..

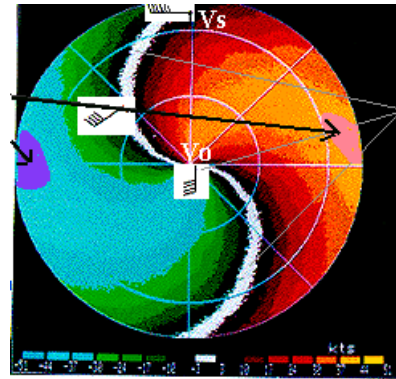


Fig 1.-Modelo estructura en S directa, con flujo uniforme que gira anticiclónicamente con la altura (las flechas negras marcan dos máximos de viento)

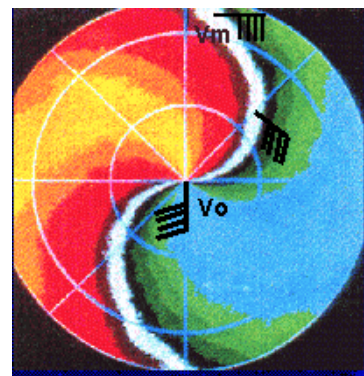


Fig 2.- Modelo de estructura en S indirecta, con flujo uniforme que gira ciclónicamente con la altura

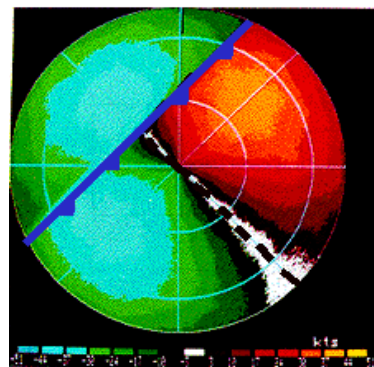


Fig 3.-Modelo imagen de viento doppler para frente frío

CASO PRÁCTICO: SITUACIÓN DEL DÍA 13 DE MAYO DE 2002: Paso frontal frío

Como ejemplo práctico de interpretación de imágenes de viento en “modo doppler”, se presentan las correspondientes al día 13 de mayo de 2002. Durante este día, se produjo un paso frontal que barrió la mitad Norte de la península Ibérica, en sentido Oeste- Este, originando fuertes rachas de viento (entre 40 y 66 nudos: fuerza 8 a 12 Beaufort), que giraron del WSW al NW y fueron muy significativas en la costa de Cantabria y País Vasco, donde tuvo características de galerna, llegando a afectar al SW de Francia. En la figura 4 se muestra el mapa de zona afectada, rachas máximas y hora de ocurrencia de éstas:

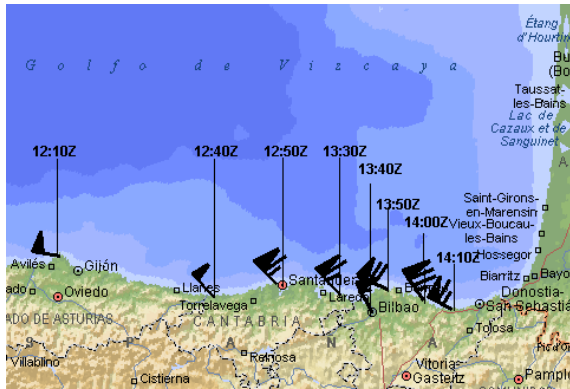


Fig 4.- Zona afectada y rachas máximas , día 13 de Mayo de 2002

La situación sinóptica de este día, se resume en los mapas de análisis que se adjuntan. En la figura 5 se presentan los análisis de superficie, a las 12Z y a las 18Z. La situación era de borrasca, centrada en Irlanda, con un frente frío, asociado a ella, que barrió la mitad Norte de la península Ibérica, con vientos de poniente. En 500 hPa, se produjo un paso de vaguada, con fuerte gradiente de temperatura (entre -16°C y unos -22°C), acompañada de un chorro del SW en niveles medios- altos, con velocidades de alrededor de 90 nudos, tal y como se muestra en la figura 6.

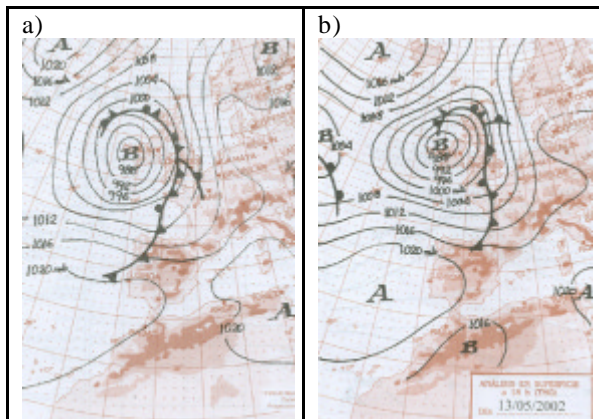


Fig 5.- Análisis de superficie a) de las 12Z y b) de las 18Z. Día 13 de Mayo de 2002

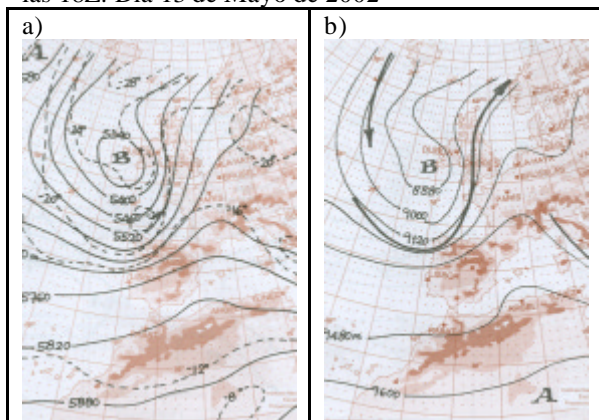


Fig 6.- Análisis a) 500 Hpa, a las 12Z b) 300 Hpa. a las 12Z. Día 13 de Mayo de 2002

Las dos imágenes que aparecen a continuación servirán de introducción para el posterior estudio detallado de las características del paso frontal. Corresponden al radar de Asturias en modo doppler y a una imagen de satélite. En ellas y, a primera vista, puede apreciarse en la imagen PPI-Z Doppler Figura 7 (a), la traza frontal más realzada al Este del emplazamiento del radar (centro de la imagen). En la Figura 7 (b) se muestra la imagen IR de las 11:30Z en la que, en recuadro se señala la zona de estudio.

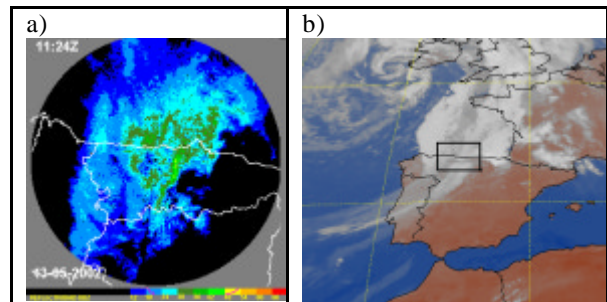


Figura 7: a) Imagen PPI de reflectividad en modo doppler a las 11:24Z día 13 de mayo de 2002. b) imagen canal infrarrojo de las 11:30Z del mismo día

En la figura 8 aparece una imagen de viento en modo doppler, que corresponde a las 11:24Z del día de estudio y que presenta una serie de características destacables:

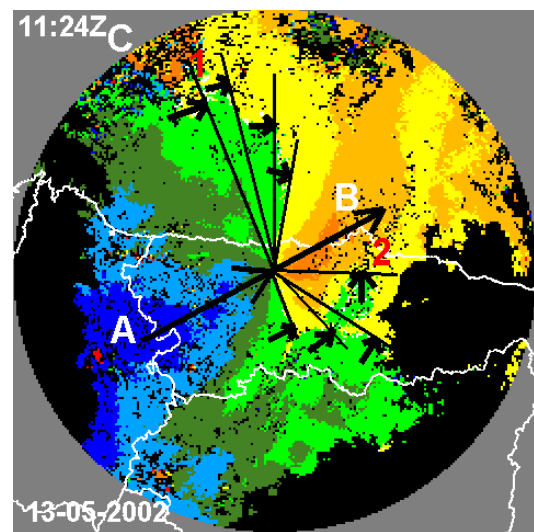


Figura 8.- Imagen de viento en modo doppler : WINr de las 11:24Z día 13 de Mayo de 2002

el análisis de la imagen que aparece en esta figura, permite apreciar que, la línea gris (entre los colores verde y amarillo), correspondiente a la imagen de las 11:24Z presenta un “quiebro” al SE del emplazamiento del radar (en el centro de la imagen). Este hecho indica, generalmente, la presencia de un frente, lo cual puede ratificarse comparando con otras imágenes de la misma hora. (También hay que tener en cuenta que, en ocasiones, puede existir un efecto orográfico que desvíe parcialmente la

dirección del viento en cotas bajas). La forma de esta línea de ceros puede ser también indicativa del tipo de advección existente: en este caso se trataría de una **advección fría** (giro ciclónico con la altura) que puede apreciarse, con o ciclónico con la altura) en el cuadrante SE, de manera que, entre el emplazamiento del radar y el punto 2, existe **giro ciclónico**. Dentro de **la zona A** (cuadrante inferior izquierdo) se puede observar un máximo de viento dirigido hacia el radar (color azul oscuro) con velocidades de alrededor de 36 m/seg (unos 72 Nudos) que abarcan una amplia zona geográfica, con una altura, sobre el nivel del mar, que iría desde aproximadamente unos 1000 metros (cercañas del radar) hasta unos 2600 metros en la zona con valores de 36 m/seg que está más alejada del radar. Asimismo y en la línea A-B que atraviesa el emplazamiento del radar aparece el mismo máximo de viento: **zona B**, pero ahora en el sentido de alejamiento de él (color naranja oscuro), con valores de 36 m/seg (72 Nudos).

Otra **zona de interés es la C**, que se observa en el extremo del cuadrante NW. Se trata de dos máximos de viento, de distinto sentido (Colores Azul-Naranja). Esta zona está muy alejada del radar y la señal podría interpretarse como "ruido" sin sentido meteorológico.

Por otra parte, en las figuras de la secuencia de imágenes y, a partir de las 11:44Z, aparece una línea (BC) de colores contrapuestos, a la derecha del radar, que se desplazó hacia el Este, es decir: existió una continuidad temporal, lo cual hace pensar que esta línea, sí tenía significado meteorológico: zona de turbulencia asociada al paso frontal. Esto puede apreciarse en la imagen de la figura 9, en la que se muestra la posición de esa línea a las 12:04Z de este día.

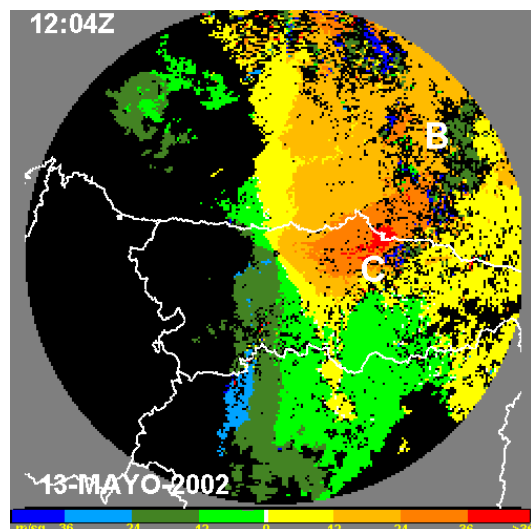


Fig 9.- Imagen de viento en modo doppler: WINr. de las 12:04Z día 13 de mayo de 2002 en la que se ha señalado la línea de turbulencia BC al este del radar

En la Figura 10, se muestra el modelo teórico de campo de vientos, en las proximidades de un frente frío, que se aplicará en el caso práctico que se estudia.

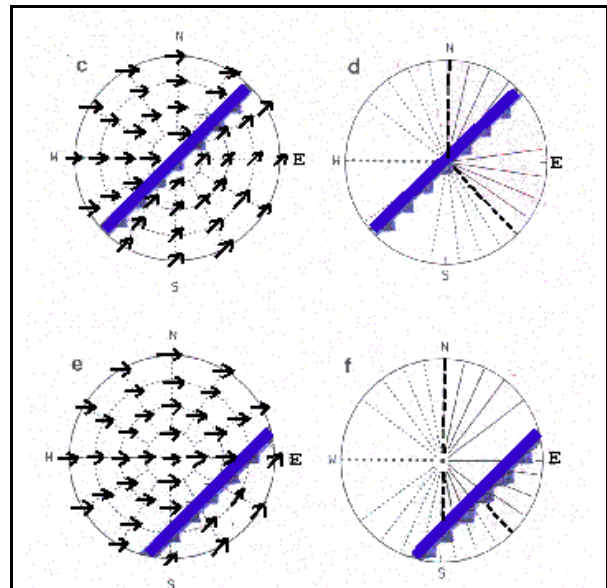


Fig. 10.- En las figuras de la derecha (c, e) se representa el campo de vectores del viento en las proximidades de un **frente frío en superficie**. La columna de la derecha (d, f) representa el correspondiente modelo de velocidad Doppler cuando el **ángulo de elevación del radar es de 0°**

En la imagen de la figura 11, correspondiente a la misma hora que la de la figura 8: las 11:24Z, se ha dibujado la posición del frente en superficie, con los vientos reales a esa hora obtenidos de las estaciones automáticas (color blanco).

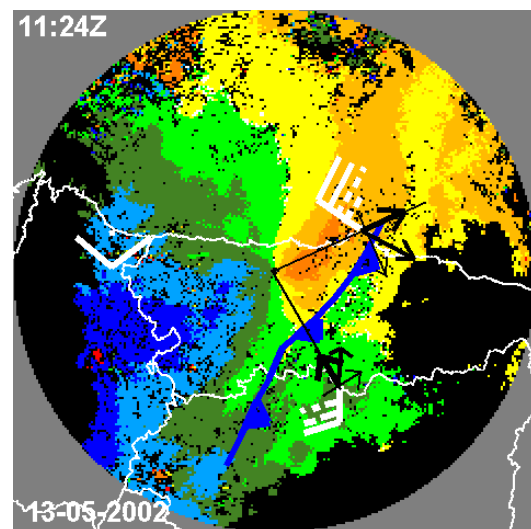


Fig.11.- Imagen de viento en modo doppler: WINr de las 11:24Z, día 13 de mayo de 2002, con traza frontal superpuesta.

La posición del "quebro" de la línea gris - blanca marca el paso frontal. Además, se dispone, para ratificarlo, de las imágenes de PPI en modo Doppler del radar de Asturias de la figura 7 a) y de perfil

vertical, en modo normal, de los radares de Palencia y Asturias figura 12 a) y b), de la hora de barrido más próxima: 11:20Z. Se ha dibujado también la descomposición, en componente radial y transversal respecto al emplazamiento del radar, del viento en Cabo Peñas (ejes y vectores en color negro), que permite comprobar que, efectivamente, la componente radial del viento real del NW existente, se aleja del radar. (En realidad y, en esa posición, el haz del radar estaría a más de 1000 metros de altura, por lo cual, el viento en superficie que se ha dibujado, podría no ser representativo pero, por los datos de los sondeos después del paso frontal, así como los análisis de 850 hPa, se comprueba que, a esas alturas, el viento era del NW, con lo cual, haciendo la descomposición en sus componentes radial y transversal, volvería a aparecer una componente radial alejándose del radar). Lo mismo se ha dibujado en el dato de viento de Pajares, al sureste del radar.

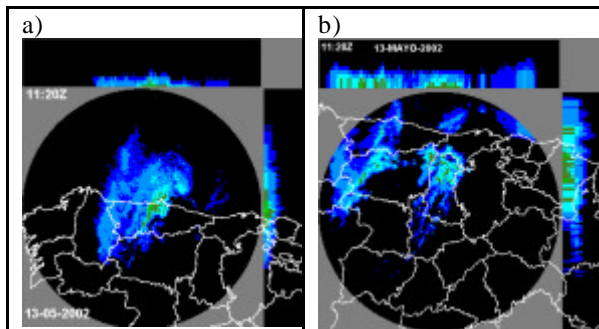


Figura 12.- a) Perfil vertical, en “modo normal” del radar de Asturias a las 11:20Z día 13 de mayo de 2002 b) Perfil vertical, en “modo normal” del radar de Palencia a las 11:20Z día 13 de mayo de 2002

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

OPERATIVAS: La utilización de las imágenes de WINr en modo Doppler, resulta de interés en la predicción operativa, para el seguimiento de frentes, **en especial de frentes fríos.**

Por lo que se refiere a los frentes cálidos, puede decirse, de manera general, que son más difíciles de apreciar con claridad en las imágenes de velocidad de viento en modo Doppler, al menos cuando se trabaja con poca elevación del haz. Esto es debido a dos razones:

1º En este tipo de frentes, el viento tiene una variación menos brusca que en un frente frío.

2º La pendiente frontal en un frente cálido (unos 0.5º a 1º) es menor que en un frío (unos 2º) y, por lo tanto, las discontinuidades serán mucho menos marcadas.

Además, los valores de los máximos de viento, **pueden resultar indicativos de la máxima velocidad** que puede alcanzar éste **en superficie:** En este ejemplo, se registraron rachas máximas de 72 Nudos, que coinciden con los datos proporcionados por las imágenes (color azul oscuro >36m/seg.).

Este tipo de imágenes, tienen también aplicación en la detección de mesociclones en niveles medios-bajos, que suelen ir asociados a fenómenos de convección severa, como tornados, supercélulas, etc.

En el sistema Eris de radar, operativo en la actualidad en el INM, existen, de momento, hasta ocho elevaciones en modo Doppler, lo cual hace pensar en su posible utilidad para el estudio de la estructura de sistemas frontales en la vertical. Sin embargo, hay que tener en cuenta, que, con el actual sistema de barrido, la máxima elevación es de 11º en modo Doppler, bastante menor que en modo Normal, lo cual supone que el cono de sombra es mucho mayor en el primer caso, con la consiguiente falta de datos.

La utilidad de las ocho elevaciones en modo Doppler es la del cálculo del VAD (VERTICAL AZIMUTH DISPLAY). Este producto tiene aplicación en predicción aeronáutica, porque permite conocer perfiles de vientos desde superficie hasta alturas de unos 2000-3000 metros (o incluso más) por encima del radar y en un radio de unos 20 Km, alrededor de su emplazamiento.

REFERENCIAS

- 1.- BADER M.J., FORBES G. S., GRANT J.R., LILLEY R.B.E., WATERS A.J. “Images in weather forecasting” ” Ed. CAMBRIDGE 1995.
- 2.- BAYNTON H.W., SERAFIN R.J., FRUSH C.L., GRAY G.R..1977. Real time wind measurement in extratropical cyclones by means of Doppler radar. Journal of Applied Meteorology October .
- 3.- DOVIK R.J., ZRNIC D.S. . Doppler radar and weather Observations” . Ed. Academic Press
- 4.- GARCÍA GARCÍA F. 2001. Climatología del radar en aire claro. Sección de Estudios y Desarrollos del C.M.T. en Galicia. I.N.M.
- 5.- GARCÍA GARCÍA F. Ecos de segunda generación en el radar doppler. Sección de Estudios y Desarrollos del Centro Meteorológico Territorial en Galicia. I.N.M.

6.- GUTIERREZ NUÑEZ J. M. 2003 : Radar Doppler . Publicación interna del Servicio de Teledetección Terrestre. I.N.M..

7.- MARTIN LEÓN F. 2001. Análisis de un anafrente en el interior peninsular, mediante datos radar. Servicio de Tecnicas de Análisis y Predicción. I.N.M.

8.- MARTIN LEÓN F. 2001 . Interpretación de estructuras del viento en Doppler asociadas. Modelos conceptuales simples. Servicio de Tecnicas de Análisis y Predicción.

9.- MARTÍN LEÓN F., ALVAREZ LAMATA E. 2000. Vientos locales muy intensos inducidos orográficamente . S.T.A.P. y C.M.T. Aragón La Rioja y Navarra. I.N.M.

10. MATEJKA T.J. HOBBS P.V. 1981 . The use of a single Doppler radar in short-range forecasting and real- time análisis of extratropical cyclones. Atmospheric Sciences Department, University of Washington Seattle, Washington U.S.A.

AGRADECIMIENTOS: Quiero agradecer a Francisco Martín León, del Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción (I.N.M. Madrid) sus comentarios, aclaraciones y correcciones, que han sido de gran utilidad en este trabajo.

Tambien deseo agradecer a Francisco García García, del Centro Meteorológico Territorial en Galicia, sus explicaciones y enseñanzas sobre la interpretación de imágenes de viento en Doppler.

Asimismo, mi agradecimiento a José Miguel Gutierrez Núñez, de la Sección de Teledeteccion Terrestre del I.N.M. en Madrid, por sus explicaciones, aclaraciones, etc sobre el sistema radar en general y sus aplicaciones.