

EL BOLETÍN DE VERIFICACIÓN DEL MODELO DE ÁREA LIMITADA DEL INM

M. C. Martín
E. Rodríguez
R. Díaz-Pabón

(Servicio de Predicción Numérica, -INM-)

RESUMEN.

Se presenta el boletín de verificación del modelo de área limitada del INM, describiendo en detalle cada una de sus partes así como los índices utilizados. Se incluyen los planes de ampliación para evaluar el LAM frente a las observaciones y para evaluar otros modelos (singularmente el del ECMWF) siguiendo las mismas pautas.

1. Introducción.

El boletín de verificación del modelo de área limitada del INM se publica y distribuye con periodicidad mensual. Su finalidad es doble. Por un lado, la de familiarizar a los usuarios del modelo con algunos de los índices más representativos que dan una idea del orden de magnitud y distribución geográfica de los errores de los campos previstos por el modelo, verificados contra el propio análisis del modelo. Por otro lado, la de generar una historia impresa del comportamiento del modelo que sirva de referencia para controlar las mejoras debidas a nuevos cambios incorporados en este modelo o en modelos sucesivos.

Sucintamente, el contenido del boletín es el siguiente.

Referido al área del LAM (INM) (65,59 N; -60,00 W; 21,00 N; 28,27 E):

- Se da la media y desviación estándar del número de observaciones SYNOP, AIREP, SATOB, DRIBU, TEMP, PILOT y SATEM que se utilizaron en el análisis.
- Se representan los campos medios de geopotencial, temperatura y viento en 1000/850, 500 y 300 mb, promediando los análisis de 00, 06, 12 y 18Z de todos los días del mes.
- Se representan los campos de errores medios y cuadráticos medios de las predicciones H+24 y H+48 de geopotencial, temperatura y componentes del viento en 1.000/850, 500 y 300 mb.

Referido a un área más pequeña de verificación (49,21 N; 19,96 W; 30,10 N; 11,89 E) que engloba la Península y mares circundantes:

- Se representan en unos ejes de coordenadas (tiempo-error) los índices de verificación diarios de error medio y error cuadrático medio de las predicciones H+24 y H+48 de los campos de geopotencial, temperatura y componentes del viento en 1.000/850 y 500 mb, basadas en los análisis de 00 y 12Z. Y la media corrida de 10 días.
- Se representan en unos ejes (error medio-presión) los errores medios mensuales en los niveles estándar de las precipitaciones H+24 de los campos de geopotencial, temperatura, componentes del viento y humedad relativa.

Se incluyen verificaciones de predicciones de temperaturas máximas y mínimas basadas en el MOS.

2. El sistema operativo de análisis y predicción LAM (INM).

El modelo de área limitada del INM se puso operativo en septiembre de 1985. La cadena operativa se basaba en el análisis por interpolación óptima estadística desarrollado por el Instituto Meteorológico e Hidrológico de Suecia y la ver-

sión en diferencias finitas del modelo de área limitada del ECMWF.

Las condiciones de contorno laterales se tomaban de las predicciones del ECMWF, manteniéndolas constantes a lo largo de la integración en la primera versión del modelo. Asimismo, la versión inicial no incorporaba archivo, ni verificación objetiva. Carecía igualmente de inicialización que filtrase el ruido gravitatorio-inercial originado por los desequilibrios iniciales entre los campos de masa y de viento.

El área de análisis y predicción que se consideró más adecuada aparece representada en la Fig. 1. El tamaño y posición de este área se determinó tras evaluar las necesidades operativas, las limitaciones de cálculo impuestas por el ordenador y el impacto negativo de los contornos. La resolución horizontal tanto en latitud como en longitud era de 0,91 grados, lo que da para el área seleccionada $98 \times 50 = 4.900$ puntos de rejilla.

El análisis se realizaba en los 10 niveles estándar de presión y la parte de predicción se ejecutaba en 15 niveles, utilizándose para la interpolación vertical entre niveles de presión y niveles sigma y viceversa rutinas desarrolladas en el ECMWF. El paso de tiempo con esquema semiimplícito era de 450 segundos. La orografía es media sobre cada retículo cuadrado a partir de la base de datos proporcionada por la Navy de los EE.UU. con una resolución de 10' (V. Fig. 2).

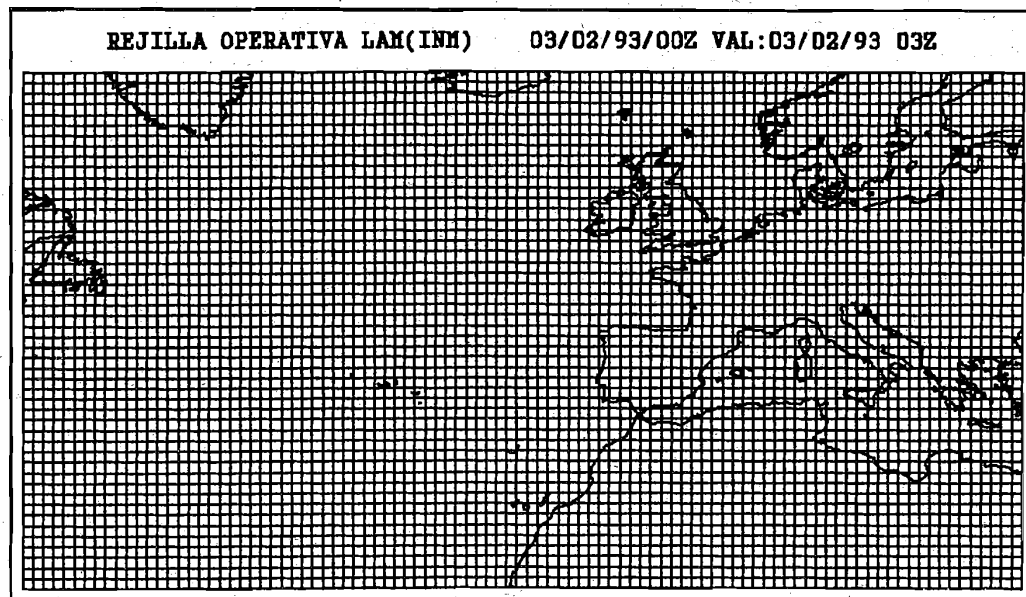


Fig. 1.- Rejilla utilizada por el modelo operativo de análisis y predicción LAM (INM)

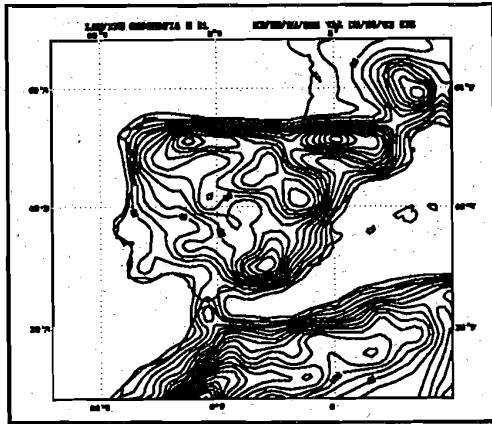


Fig. 2.- Orografía media del LAM (INM) con la resolución operativa de 0,91 grados. Isolíneas de 100 en 100 m comenzando con la de 100 m

Inicialmente la física que estaba incluida en el modelo de predicción era: a) difusión horizontal lineal de cuarto orden, b) difusión vertical turbulenta con flujos superficiales dependientes del parámetro de rugosidad y de la estabilidad y los flujos en la atmósfera libre dependientes de la longitud de mezcla y del número de Richardson, c) condensación a gran escala, con precipitación instantánea del agua condensada cuando la humedad excede un cierto valor de saturación. Inicialmente no se parametrizaba la convección, ni la radiación.

Se realizaban dos integraciones diarias hasta 28 horas basadas en los datos de 00 y 12Z, utilizándose para el análisis como campo previo las predicciones H+12 del ECMWF a las 00Z y las predicciones H+12 del propio modelo de área limitada a las 12Z. El análisis utilizaba los datos proporcionados por los siguientes partes: SYNOP, TEMP, AIREP y SATEM. La ventana de datos utilizados en el análisis era de +/-3 horas.

Durante el siguiente año desde el inicio de su puesta en operación se incorporaron en el modelo de área limitada los siguientes cambios. Se implementó una verificación objetiva con los índices que habitualmente aparecen en la literatura, así como un archivo de los análisis y predicciones que abarca desde junio de 1986 hasta la actualidad. Las condiciones de contorno laterales pasaron a actualizarse en cada paso de tiempo interpolando linealmente entre las predicciones recibidas del ECMWF. Se optimizaron en gran medida los programas de análisis e interpolación vertical. Se desarrolló un paquete de postproceso que se ejecutaba en paralelo con la predicción para aprovechar la ventaja de poseer dos CPU.

En los dos años siguientes se desarrolló un importante paquete de mejoras que tras un período suficientemente largo de evaluaciones para comprobar que efectivamente su impacto era positivo, se puso operativo a primeros de 1990. Como los cambios afectaban a bastantes aspectos de la cadena operativa, se describirán a continuación con algo más de detalle. Los cambios que afectaron a la simulación del modelo, es decir, dejando aparte cuestiones relativas a la optimización de los programas, fueron los siguientes:

a) Inclusión de nuevos partes en el análisis: PILOT, SATOB, DRIBU.

b) Inicialización por el método de las derivadas acotadas: Filtrado del ruido gravitatorio-inercial originado por el desequilibrio inicial de los campos de geopotencial y de viento. Este método desarrollado por Hafkenscheid y Biljlsma (1986), realiza primeramente un desacoplo vertical de los campos iniciales y aplica dos ecuaciones de diagnóstico a los campos verticalmente desacoplados. Basado en un paquete de programas facilitado por el Servicio Meteorológico Holandés, en la cadena operativa se inicializan dos modos verticales y las ecuaciones de diagnóstico se resuelven mediante métodos iterativos (5 iteraciones).

c) Interpolación vertical por incrementos.

d) Introducción de la parametrización de la condensación convectiva. Se sigue el esquema de Kuo (1974) con parámetro β , que distribuye la humedad aportada entre condensación y humidificación de la columna, dependiendo de la humedad relativa existente en la columna de aire.

e) Introducción de la parametrización de la radiación. Se sigue el esquema propuesto por T. E. Nordeng (1986). Se consideran como radiadores de onda larga sólo el vapor de agua, agua líquida y el dióxido de carbono. El agua líquida (nubes) se diagnostica a partir de la humedad relativa y la velocidad vertical. En cuanto a la onda corta sólo se considera la radiación solar directa atenuada por absorción debida al vapor de agua, dispersión en aire claro y absorción y dispersión de nubes.

f) Aumento del número de integraciones de 2 a 4 por día. Se realizan 4 integraciones hasta 48 horas basadas en análisis de 00, 06, 12 y 18Z. La asimilación de datos es intermitente, utilizándose para cada análisis como campo previo la predicción H+6 basada en el último análisis del modelo de área limitada, excepto para los análisis

de 00Z que se utiliza como campo previo la predicción H+12 del ECMWF.

Las sucesivas mejoras que se introduzcan en el futuro en el modelo de área limitada serán objeto de descripción detallada en el boletín.

3. Resumen de las observaciones.

Se incluye en el boletín un cuadro con la media mensual y la desviación estándar de los diferentes tipos de observaciones (partes) que se utilizan en el algoritmo del análisis objetivo. Aparecen separados los análisis de diferentes horas.

4. Análisis medios.

Con fines climatológicos, se ha decidido representar los campos de geopotencial, temperatura y viento en tres niveles tipo promediando los análisis de 00, 06, 12 y 18Z de todos los días del mes. Las unidades son las habituales excepto el geopotencial que aparece representado en dam geopotenciales.

5. Mapas mensuales de error medio y error cuadrático medio de la predicción.

Se promedian mensualmente y para las cuatro pasadas diarias, los errores medios y

cuadrático medios puntuales de las predicciones H+24 y H+48 de geopotencial, temperatura y ambas componentes del viento en tres niveles de presión estándar. Las unidades son las habituales excepto el geopotencial que aparece representado en dam geopotenciales.

6. Índices diarios calculados sobre la Península.

Se reflejan en el boletín una parte de los índices de verificación que se calculan en cada integración del LAM y promediados para todos los puntos de rejilla que caen dentro del área de verificación.

Utilizando la siguiente notación:

- A_i = análisis inicial
- A_v = análisis verificador
- F = predicción
- N = número de puntos en el área de verificación
- F - A_i = tendencia de la predicción
- A_v - A_i = tendencia del análisis verificador
- F - A_v = error de la predicción

los índices de verificación del LAM, que se calculan y archivan rutinariamente son los que se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1: ÍNDICES DE VERIFICACIÓN DEL LAM

a) error medio de la predicción

$$\overline{(F - A_v)} = (1/N) \sum_{i,j} (F_{i,j} - A_{v_{i,j}})$$

b) error cuadrático medio

$$\sqrt{(1/N) \sum_{i,j} (F_{i,j} - A_{v_{i,j}})^2}$$

c) desviación estándar del error

$$\sqrt{(1/N) \sum_{i,j} [(F_{i,j} - A_{v_{i,j}}) - \overline{(F - A_v)}]^2}$$

Cuadro 1: ÍNDICES DE VERIFICACIÓN DEL LAM (continuación)

d) coeficiente de correlación de tendencias

$$\frac{\sum_{i,j} \{[(F_{i,j} - A_{v_{i,j}}) - (\bar{F}_{i,j} - \bar{A}_{v_{i,j}})] [(A_{v_{i,j}} - A_{0_{i,j}}) - (\bar{A}_{v_{i,j}} - \bar{A}_{0_{i,j}})]\}}{\sqrt{\sum_{i,j} [(F_{i,j} - A_{0_{i,j}}) - (\bar{F}_{i,j} - \bar{A}_{0_{i,j}})] \sum_{i,j} [(A_{v_{i,j}} - A_{0_{i,j}}) - (\bar{A}_{v_{i,j}} - \bar{A}_{0_{i,j}})]}}$$

e) coeficiente de correlación absoluto

$$\frac{\sum_{i,j} [(F_{i,j} - \bar{F}) (A_{v_{i,j}} - \bar{A}_v)]}{\sqrt{\sum_{i,j} (F_{i,j} - \bar{F})^2 \sum_{i,j} (A_{v_{i,j}} - \bar{A}_v)^2}}$$

f) índice S1 para geopotenciales

$$100 \cdot \frac{\sum_{i,j} |F_{i,j}^i - A_{v_{i,j}}^i| + \sum_{i,j} |F_{i,j}^j - A_{v_{i,j}}^j|}{(\sum_{i,j} G_{i,j}^i) \cdot (\sum_{i,j} G_{i,j}^j)}$$

Los gradientes previstos son

$$F_{i,j}^i = F_{i,j} - F_{i+1,j}$$

$$F_{i,j}^j = F_{i,j} - F_{i,j+1}$$

y los gradientes verificantes

$$A_{v_{i,j}}^i = A_{v_{i,j}} - A_{v_{i+1,j}}$$

$$A_{v_{i,j}}^j = A_{v_{i,j}} - A_{v_{i,j+1}}$$

Y

$$G_i^i = \text{Max} (F_{i,j}^i, A_{v_{i,j}}^i)$$

$$G_i^j = \text{Max} (F_{i,j}^j, A_{v_{i,j}}^j)$$

Los anteriores índices se utilizan sobre los parámetros meteorológicos escalares: altura geopotencial, temperatura, componente u, componente v, humedad relativa. Para el vector viento los índices se obtienen como la raíz cuadrada del cuadrado de los índices de las componentes. Los índices se calculan asimismo para cada nivel y alcance de la predicción para la que hay análisis verificante.

De todos los índices anteriores, que se calculan y archivan diariamente, sólo se incluyen

en el boletín los errores medios y cuadráticos medios de las predicciones H+24 y H+48 de los campos de geopotencial, temperatura y ambas componentes del viento en dos niveles estándar (500 mb y 1.000 mb, excepto para temperatura que se utiliza 850 mb). Para no recargar excesivamente las gráficas se han representado sólo los índices de las predicciones basadas en los análisis de 00 y 12Z. Además se representan en las gráficas las medias corridas de 10 pasadas.

7. Gráficos de error medio en la vertical.

Se representan los errores medios promediando espacial (en todos los puntos de rejilla del área de verificación) y temporalmente (para todas las pasadas) en los niveles estándar y para las predicciones H+24 de los campos de geopotencial, temperatura, ambas componentes de viento y humedad relativa.

8. Verificación de la predicción por adaptación estadística.

Por el momento únicamente se incluye la verificación de la adaptación de las temperaturas máximas y mínimas. Se presenta, tanto para la predicción estadística basada en el MOS como

para la persistencia, el porcentaje de casos con errores menores que 1, 2, 3 y 4°C, el error absoluto medio y el error medio para los períodos de predicción H+66, H+54, H+42, H+30, H+18. Todo ello promediado en un cierto número de estaciones.

9. Planes para un futuro próximo.

En primer lugar incluir verificaciones de parámetros previstos por el LAM frente a observaciones directas, singularmente frente a radiosondeos.

Extender el mismo paquete de verificación al modelo del ECMWF, y calcular en el mismo área los mismos índices de verificación.

Introducir modificaciones en el actual boletín a la vista de los comentarios y críticas de los usuarios.

Utilizar el boletín también como vía de comunicación con los usuarios, explicando de forma detallada los cambios sucesivos que se vayan introduciendo en el LAM (INM).