

# MÉTODO DE PREDICCIÓN PERFECTA, PARA ADAPTACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DIFERENTES MODELOS NUMÉRICOS, UTILIZANDO LOS ANÁLISIS DEL MODELO DE ÁREA LIMITADA DEL INM

Juan José Ayuso Estebaranz

(Servicio de Predicción Numérica, -INM-)

## RESUMEN

*Se ha aplicado el método de predicción perfecta (PP) con la técnica de regresión lineal múltiple para la predicción de temperaturas extremas en una selección de observatorios. Para la obtención de ecuaciones se ha utilizado los análisis del modelo numérico (MN) de área limitada (LAM) del INM. Estas ecuaciones se han aplicado a las predicciones LAM del INM, durante el mes de octubre de 1992, obteniendo predicciones de temperaturas extremas para dos días. La verificación de estas predicciones indica que los resultados por el método PP son de una calidad algo inferior a los obtenidos con la predicción operativa MOS.*

### 1. Introducción.

La adaptación estadística de los modelos numéricos es una técnica frecuentemente utilizada, para calcular las variables meteorológicas propias de una localidad, como temperaturas extremas, viento, precipitación, etc... Existen dos métodos de adaptación estadística denominados MOS (*Model Output Statistics*, estadística de la salida de los modelos) y PP (*Perfect Prog*, predicción perfecta). La regresión lineal múltiple es el modelo estadístico más frecuentemente utilizado.

El método PP, como su nombre indica, supone que los campos que se predicen por los modelos numéricos son perfectos y pueden con-

siderarse como si fueran un análisis de la hora correspondiente. Con esta hipótesis las ecuaciones, que se deducen en este método, pueden aplicarse a cualquier modelo numérico. Así, al realizar cambios importantes en el MN operativo, no es necesario recalcular las ecuaciones de predicción.

En el siguiente apartado se comparan los métodos MOS y PP, en el apartado 3 se comentará cómo se han obtenido las ecuaciones de temperaturas extremas diarias. A continuación se verifican los resultados obtenidos durante el mes de octubre de 1992, comparándolos con los de predicción MOS que están actualmente operativos en el INM.

**2. Comparación de los métodos MOS y Predicción Perfecta.**

Si se desea predecir una variable Y, denominada predictando, utilizando los valores de las variables  $P_1, P_2, \dots, P_n$ , denominadas predictores, habrá que calcular una ecuación de predicción de la forma:

$$Y = a_1 \cdot P_1 + a_2 \cdot P_2 + \dots + a_n \cdot P_n \quad [1]$$

Para un cierto observatorio meteorológico, pueden ser predictores: las observaciones sinópticas, los valores climatológicos y las variables meteorológicas que se obtienen al interpolar, para las coordenadas de la estación, los campos en forma de puntos de *grid*, obtenidos por un modelo numérico.

El método MOS utiliza como predictores, para obtener las ecuaciones, las predicciones de un determinado MN, aplicando estas ecuaciones con las correspondientes predicciones del mismo MN; de esta forma el método MOS asimila los errores sistemáticos del MN utilizado. El método PP calcula las ecuaciones con las observaciones y los análisis del MN; estas ecuaciones se aplican sustituyendo los análisis por las predicciones de cualquier MN para la misma hora.

El método de PP tiene la ventaja fundamental respecto al método MOS, de que las ecuaciones, calculadas con los análisis, pueden aplicarse a cualquier MN; y el inconveniente de que al suponer la predicción perfecta, obtiene en general peores resultados que el MOS para un modelo determinado. Como la calidad de los MN va mejorando progresivamente, cada vez es más aceptable la utilización del método PP; además de esta forma no hay que obtener nuevas ecuaciones de regresión cuando se cambia el MN operativo; y al aplicar estas ecuaciones a diferentes MN puede realizarse una verificación de su calidad.

Los métodos MOS y PP están explicados con más detalle en Glahn, 1991 y Murphy, 1985.

**3. Ecuaciones obtenidas y su aplicación.**

En el apartado anterior se ha descrito el método PP y se ha indicado la diferencia existente entre los campos utilizados para obtener las ecuaciones de predicción, y los que sirven como predictores al aplicar la correspondiente ecuación; a continuación se describen las dos etapas en esta aplicación concreta.

**3.1. Obtención de ecuaciones.**

Para la obtención de ecuaciones se han utilizado todos los análisis existentes del LAM del INM, de los años 1986-91, correspondientes a los meses de octubre a diciembre.

Como predictandos se han escogido las temperaturas extremas diarias, por ser unas variables bastante utilizadas en las aplicaciones meteorológicas; y porque su tratamiento por los métodos de adaptación estadística no ofrece demasiada dificultad, dado su carácter escalar y su variación bastante regular en el tiempo. Las ecuaciones que se necesita calcular tendrán la siguiente forma:

$$T_{\text{máxima}} = a_0 + \sum_{i=1}^{i=n} a_i P_i \quad [2]$$

$$T_{\text{mínima}} = c_0 + \sum_{i=1}^{i=m} c_i P_i \quad [3]$$

Siendo  $a_0, a_i, c_0, c_i$ , los coeficientes de la ecuación y  $P_i$  las variables que posteriormente serán sustituidas por los predictores en la aplicación.

El paquete de programas utilizado en el MOS del INM permite resolver el problema de la regresión lineal múltiple, que tiene los dos objetivos siguientes:

1. Escoger las variables  $P_i$  que dan el mejor ajuste de las ecuaciones [2] y [3] a los valores observados.
2. Obtener los coeficientes de las ecuaciones.

El método está brevemente descrito en Glahn, 1972 y 1991; y Ayuso, 1992.

Como predictores pueden proponerse hasta 300 variables, obtenidas directamente del análisis o calculadas, así como valores climatológicos y observaciones.

En esta aplicación se han considerado, para la obtención de la ecuación [2], los valores observados de  $T_{\text{máxima}}$  durante los años 1986 a 1991, y se han propuesto como variables  $P_i$  los valores correspondientes a análisis de 12Z del LAM del INM y los valores climatológicos de la temperatura máxima. Para obtener la ecuación [3] se utilizan como variables las calculadas con el análisis de las 00Z y el valor climatológico de la temperatura mínima. En la Figura 1 se presenta un esquema de las relaciones establecidas.

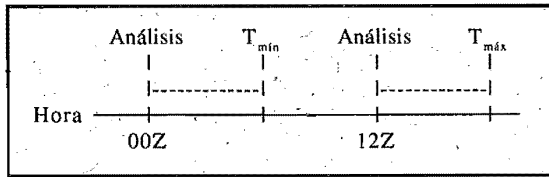


Fig. 1.- Relaciones establecidas para calcular Ec. PP

**3.2. Aplicación de ecuaciones.**

Estas ecuaciones se han aplicado a las salidas del modelo LAM del INM de 00Z para obtener predicciones de las temperaturas extremas de los próximos días. En su aplicación la ecuación [2] origina las siguientes dos ecuaciones de predicción:

$$T_{m\acute{a}x}(D) = c_0 + c_1 \cdot P_1(+12h) + c_2 \cdot P_2(+12h) + \dots + c_n \cdot P_n(+12h) \quad [4]$$

$$T_{m\acute{a}x}(D+1) = c_0 + c_1 \cdot P_1(+36h) + \dots + c_n \cdot P_n(+36h) \quad [5]$$

Como el modelo se supone perfecto se sustituyen los análisis de 12Z de las ecuaciones [2] por las predicciones a +12h y +36 horas.

De igual forma la ecuación [3] se aplica para calcular las temperaturas mínimas del día siguiente (D+1) y el día D+2 cuando se sustituyen los análisis a 00Z por predicciones a +24 y +48 horas del LAM del INM a 00Z.

En la tabla I puede observarse una predicción obtenida con las cuatro ecuaciones mencionadas anteriormente.

**Tabla I**

Resultados de PP					
Fecha 23/oct/92					
Hora 00Z					
IND.	ESTACIÓN	23/oct TMÁX.	24/oct TMÍN.	24/oct TMÁX.	25/oct TMÍN.
08001	La Coruña	16,6	11,4	16,3	12,8
08015	Oviedo	16,0	10,3	16,0	10,6
08023	Santander	17,5	11,2	17,1	10,3
08160	Zaragoza/Sanjurjo	17,7	8,4	18,5	7,2
08181	Barcelona/El Prat	18,7	10,0	19,6	10,1
08184	Gerona/Costa Brava	18,1	5,7	19,1	4,3
08221	Madrid/Barajas	18,4	6,4	17,4	4,8
08223	Madrid/Cuatro Vientos	17,6	7,7	16,8	6,7
08224	Madrid/Getafe	16,8	8,1	16,5	7,6
08272	Toledo	18,4	6,6	18,2	4,5

**4. Verificación de resultados.**

Los valores que se predijeron en el mes de octubre de 1992 se han comparado con las observaciones calculando el error absoluto medio (EAM) de las predicciones. Se ha calculado la media de las 10 estaciones que figuran en la tabla I. El mismo tratamiento se ha aplicado a las predicciones operativas obtenidas mediante MOS. También se incluyen los resultados para la Persistencia. En la tabla II figuran todos los EAM expresados en grados Celsius.

**Tabla II**

**Error absoluto medio en °C de la predicción de temperaturas extremas. Octubre 1992.**

	máx(D)	máx(D+1)	mín(D+1)	mín(D+2)
PP	2,1	2,0	2,0	2,1
MOS	1,6	1,5	1,9	2,2
Persistencia		2,5		2,9

Se observa que en temperatura máxima el MOS proporciona unos resultados mejores que la predicción perfecta, siendo la diferencia de los EAM de 0,5°C. En temperaturas mínimas los resultados del MOS y PP tienen una calidad similar.

**Conclusiones.**

Modificando ligeramente el paquete de programas que está operativo en el MOS, pueden calcularse con facilidad las ecuaciones de regresión lineal múltiple del método de Predicción Perfecta. Así se tiene una ecuación para la predicción de la temperatura máxima diaria y otra para la temperatura mínima.

Sustituyendo en las ecuaciones obtenidas, las variables facilitadas por el análisis objetivo por las predicciones correspondientes del LAM del INM en su ejecución de 00Z, se obtienen dos ecuaciones para la predicción de la temperatura máxima y otras dos para la predicción de la temperatura mínima de los próximos días.

Estas ecuaciones se han aplicado en el mes de octubre de 1992. Comparando los errores absolutos medios de las predicciones realizadas con los métodos PP y MOS, se observa una calidad similar en ambas predicciones de temperaturas

mínimas, sin embargo las predicciones MOS de temperaturas máximas son algo mejores.

Considerando los resultados obtenidos, parece aconsejable calcular las ecuaciones de PP para los observatorios más importantes de España, y aplicarlas al LAM actualmente operativo con el fin de obtener una verificación más general. Estas ecuaciones servirían para su aplicación en otros modelos numéricos que se pusieran operativos en el INM.

**Referencias.**

Ayuso, J.J.; Del Río, P. (1992). *Adaptación estadística mediante técnica MOS para la predicción del viento en superficie. Jornadas Científicas Asociación Meteorológica Española. En prensa.*

Ayuso, J.J.; Azcárraga, R.; Del Río, P. *Desarrollos operativos con la técnica MOS. Servicio de Predicción Numérica del INM. Notas técnicas núm. 14, 16, 17, 18 y 19.*

Glahn, H.R. (1972). *The use of MOS in objective weather forecasting. J. Appl. Meteor. 11, 1.203-1.211.*

Glahn, H.R. y otros (1991). *Lectures presented at the WMO training workshop on the interpretation of NWP products in terms of local weather phenomena and their verification. WMO PSMP Report no. 34.*

Murphy, A. (1985). *Probability, statistics and decision making in atmospheric sciences.*

(Varios autores). *Sobre aspectos operacionales de los métodos estadísticos. U.S. Techniques Development Laboratory, NOAA. Technical Procedures. Bulletin series.*