

TITULO: ANALISIS DE TENDENCIAS DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA C.A.P.V.

AUTOR/ES: Amaia Albizuri⁽¹⁾, M^a Carmen Gómez⁽¹⁾, Carlos Castillo⁽²⁾, Unai Zeberio⁽³⁾, M^a Victoria Albizu⁽³⁾

(1) Environment & Systems, S.A.

✉ C/ Luis Briñas 9, 1º izda 48013 Bilbao ☎ 94-4410937

e-mail: eys@environmentandsystems.com

(2) Ihobe. Sociedad Pública de Gestión Ambiental

(3) Dirección de Planificación Evaluación y Control. Departamento de Medio Ambiente. Gobierno Vasco

RESUMEN-PALABRAS CLAVE

Este trabajo presenta una metodología para el análisis de tendencias de las series temporales de los valores registrados en las estaciones de medida de la contaminación atmosférica de la Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire de la Comunidad Autónoma del País Vasco (C.A.P.V.).

El período de datos a estudiar abarca los últimos 10 años, aunque para algunas estaciones seleccionadas de la zona del bajo Nervión-Ibaizabal se efectúa el análisis de datos desde el año 1988. Los contaminantes objeto del trabajo son fundamentalmente SO₂, NO₂, CO, O₃ y PM₁₀.

El tipo de modelos utilizado son los denominados de suavizado exponencial y en algunos casos (ozono y partículas) se ha tratado la influencia que la variabilidad meteorológica tiene en las variaciones de los valores registrados, eliminando en lo posible este factor del análisis de tendencias. Los resultados obtenidos animan a la utilización de estas técnicas para tareas de gestión, como puede ser el seguimiento de las acciones de control de emisiones.

palabras clave: contaminación atmosférica, series temporales, análisis de tendencias, modelos estadísticos.

1. INTRODUCCION. ESTADO DEL ARTE.

Hoy en día, en muchos emplazamientos, ya se dispone de series temporales largas de medidas sistemáticas de concentración de contaminantes en ambiente. Es por ello que el análisis de tendencias pasa a ser una herramienta necesaria para efectuar tareas de gestión que la mayoría de las veces tiene como objetivo la verificación de la efectividad de las acciones de control de emisiones de contaminantes a la atmósfera. Ejemplos de este tipo de análisis los encontramos en varias publicaciones:

- Gran Bretaña “**NETCEN (National Environmental Technology Centre) Report: UK Air Pollution**” donde se estudian las tendencias desde 1987 hasta el 2003 de la mayoría de los contaminantes
- EEUU “**The Particle Pollution Report. Current Understanding of Air Quality and Emissions through 2003 EPA 45A-R-04-002 December 2004**” donde además de presentar la evaluación de los datos registrados en el año 2003 se hace un análisis de tendencias tanto para PM₁₀ como para PM_{2.5}. Si para PM₁₀ se estudian las tendencias desde 1988 hasta 2003 para PM_{2.5} se incide mayormente en el análisis desde el año 1999 y se compara con las tendencias en las emisiones de precursores para el mismo período
- El informe que el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno Australiano ha publicado en abril de 2004 “**National Ambient Air Quality Status and Trends Report, 1991-2001**”. Este informe, al igual que los anteriores, presenta la evaluación de la calidad del aire basada en los datos del año 2001 y un análisis de tendencias para cada contaminante (CO, NO₂, O₃, SO₂, Pb, PM₁₀ y PM_{2.5}) desde el año 1991 (desde 1994 para PM_{2.5})

Es importante partir de un conocimiento amplio de la base de datos objeto de estudio, que permita tener en cuenta aspectos tales como cambios y diferencias en la ubicación de las estaciones y entre los equipos utilizados para las medidas, conocimiento de las fuentes con influencia en los valores registrados y cambios a lo largo de los años,... Además, se deben de aplicar criterios de calidad estrictos en los cálculos, como la existencia de suficientes valores en los diferentes promedios y parámetros estadísticos.

Los métodos estadísticos utilizados son muy variados y van desde ajustes simples a modelos cada vez más complejos que tienen en cuenta parámetros meteorológicos para explicar variaciones asociadas a unas condiciones meteorológicas específicas y predominantes en ciertos periodos de tiempo. Este aspecto es mencionado en las publicaciones anteriores, aunque sólo en el caso de la publicación de la EPA tiene en cuenta el papel que la meteorología juega en la formación sobre todo de PM_{2.5} y en la cantidad de emisiones que contribuyen a su formación. Así, se ajustan las series de concentraciones de sulfatos con parámetros meteorológicos como la temperatura y se aprecia una mayor correlación de las series temporales con las emisiones. También en el caso del O₃ en el informe técnico de la Agencia de Medio Ambiente Europea “**Air pollution by ozone in Europe in summer 2004, EEA 30 Marzo 2005**” junto con la evaluación de los episodios habidos en el verano de 2004 se lleva a cabo un análisis de tendencias para los años 1996-2002. Las conclusiones indican que el descenso en los valores pico observado en años precedentes está cambiando de tendencia en los últimos años y se apuntan algunas razones para ello. Sin embargo, en todos los casos (para los distintos percentiles), las tendencias observadas no son significativas y se apunta a que son necesarios análisis más complejos, corrigiendo las tendencias con factores como la variabilidad meteorológica.

Las tres grandes categorías en las que se pueden agrupar los métodos estadísticos utilizados (1) son: modelos basados en regresión, análisis de valores extremos y modelos espacio-temporales. Los dos primeros son más adecuados para estimar y predecir tendencias y el tercero además presta atención a la explicación de los mecanismos subyacentes.

Entre los métodos de regresión podemos a su vez separar en modelos basados en regresión lineal, árboles de regresión y regresión no lineal.

- regresión lineal: pueden ser modelos de regresión lineal múltiple simples (2) o que incorporen desfases temporales. Entre los modelos de regresión lineal múltiple se encuentra el análisis de factores y el análisis de componentes principales varimax.

- árboles de regresión: entre estos modelos se encuentran el denominado CART (Classification and Regression Trees) (3). La componente de la tendencia no puede incluirse en estos modelos pero sí se estudian las tendencias dentro de cada grupo o situación caracterizada por unas condiciones meteorológicas particulares. También se ha trabajado moviendo la ventana temporal de datos analizada (por ejemplo de un año) para estimar el número de superaciones esperadas de acuerdo a la meteorología y así destacar la tendencia.
- regresión no lineal: este tipo de modelos pueden explicar mejor las complejas relaciones entre variables y es uno de los más usados (4). Como en el caso anterior también se utilizan después de efectuar una clasificación previa de situaciones (5).

La desventaja de los modelos de regresión es que los ajustes son peores para los picos (valores extremos), por eso que las técnicas aplicadas a valores extremos sean cada vez más demandadas (6).

Entre los modelos de series temporales podemos encontrar los modelos de filtrado de series temporales para luego llevar a cabo análisis de regresión lineal entre variables filtradas (7).

2. DATOS DE PARTIDA.

En la C.A.P.V. se cuenta con una red de vigilancia de la calidad del aire de más de 20 años de historia y que ha ido creciendo hasta disponer en la actualidad de cerca de 70 estaciones fijas de medida de contaminantes atmosféricos (SO₂, NO_x, CO, O₃, PM₁₀, y PM_{2,5}, principalmente).

Los datos de partida son los datos de los últimos 10 años (1996-2005), teniendo en cuenta que es a partir del año 1996 cuando se comienza a medir en Gipuzkoa y en el año 1997 cuando la red se extiende por Araba. Sin embargo para algunas estaciones seleccionadas de la zona del bajo Nervión- Ibaizabal se han efectuado análisis de datos desde fechas anteriores.

Hay que mencionar también que las primeras medidas de PM₁₀ comenzaron en 1999 aunque para tener series más largas se ha utilizado el factor 1,2 como divisor para los datos que se disponen de PST tal y como recomendaba la propia Directiva (8) y tras comprobar, con una campaña de intercomparación de 1 año entre medidas con equipos automáticos de radiación Beta con y sin cabezal PM₁₀ llevada a cabo en varios emplazamientos (9), que dicho factor es adecuado. Se disponen de pocos años de medidas de PM_{2,5}, por lo que no se ha hecho especial hincapié en este parámetro.

Se han utilizado estadísticas mensuales de variables meteorológicas medidas en las 3 capitales de la Euskadi y facilitadas por el Servicio Territorial del Instituto Nacional de Meteorología. Las variables utilizadas son:

TM_MAX: Media mensual de la temperatura máxima diaria (grado centígrado)

TM_MIN: Media mensual de la temperatura mínima diaria (grado centígrado)

TM_MES: Temperatura media mensual (grado centígrado)

R_MAX_VEL: Velocidad de la racha máxima mensual (Km/h)

REC77_MES: Recorrido total mensual del viento de 07 a 07 (Km)

PMES77: Precipitación total mensual (mm)

DP10: Días de precipitación >=10 décimas (número de días)

SOL_MES: Insolación total mensual (horas)

SOL_MED: Insolación media diaria (horas)

PTJESOL_MED: Porcentaje medio de insolación diaria (% total teórico)

Además se ha creado la variable DELTAT= TM_MAX – TM_MIN

3. METODOLOGIA EMPLEADA.

Se comienza llevando a cabo un tratamiento estadístico básico partiendo de los promedios horarios, consistente fundamentalmente en la representación de las distribuciones anuales y mensuales por años en

diagramas de cajas, además de las distribuciones de datos por horas del día y meses. La visualización de estos gráficos permite entre otras cosas detectar valores anómalos extremos.

A partir de las series de datos horarios se han creado series de valores diarios que varían en función del parámetro: SO₂, NO₂, NO_x máxima media horaria y media; CO máxima media octohoraria; O₃ máxima media octohoraria y máxima media horaria; PST, PM₁₀, PM_{2.5} media. Para el cálculo de estos valores se han exigido criterios de calidad en relación al número de datos existentes para efectuar el cálculo de al menos un 75%: 6 valores para los promedios octohorarios y 18 valores para calcular el máximo octohorario, horario y la media diaria, garantizando de alguna manera la representatividad de los valores obtenidos. Estas series se han representado gráficamente para detectar valores anómalos.

Además se ha tenido en cuenta aspectos como el cambio de ubicación sufrido por algunas de las estaciones. Así se han considerado pequeños desplazamientos sin importancia las sufridas por las estaciones de Abanto, Barakaldo, Mondragón y Azpeitia. Sin embargo se consideran relevantes los desplazamientos de las estaciones de Muskiz (comienzos de 2003), Sangroniz (febrero de 2005), Hernani (mayo de 2003), Los Herrán (comienzos de 2004), Irún (diciembre de 2004) y Tolosa (entre el 2004 y el 2005).

Es habitual encontrar estudios de tendencias reduciendo la longitud de la serie a un valor anual, sin embargo esto supone una pérdida importante de información como la estacionalidad que en algunos parámetros es muy relevante.

Por tanto se ha decidido trabajar al menos con 1 dato por mes. Los indicadores de estas distribuciones mensuales son los habitualmente usados: Media, Mediana, P75, P90, P95, P98, P99 y Máximo.

Se han seleccionado las estaciones que no presentaban huecos importantes (menos de 3 meses seguidos) considerando que un mes no era suficientemente representativo si no disponía de al menos 2/3 de los valores diarios. Antes del cálculo de los indicadores de las distribuciones mensuales en las series de los valores diarios se han eliminado los huecos por interpolación lineal.

Finalmente las estaciones estudiadas son:

SO₂

período 1996-2005: Abanto, Náutica, Cruces, Siete Campas, Mazarredo, Txurdinaga, Basauri, Elorrieta, Erandio, Areta, Durango, Ategorrieta, Rentería, Beasain, Avda. Gasteiz, Tres de Marzo, Valderejo, Mundaka.
período 1988-2005: Abanto, Náutica, Cruces, Erandio

CO

período 1996-2005: Siete Campas, M^a Díaz, Indautxu, Mazarredo, Txurdinaga, Arrigorriaga, Areta, Llodio, Ategorrieta, Rentería, Tolosa, Beasain, Los Herrán.
período 1992-2005 (no se tienen datos anteriores): M^a Díaz

NO₂

período 1996-2005: Abanto, Náutica, Siete Campas, Mazarredo, Txurdinaga, Basauri, Elorrieta, Erandio, Arrigorriaga, Areta, Durango, Mondragón, Ategorrieta, Rentería, Beasain, Avda. Gasteiz, Tres de Marzo, Valderejo, Izkiz, Mundaka.
período 1989-2005: (no se tienen datos anteriores) Abanto, Erandio

O₃

período 1996-2005: Abanto, Serantes, Getxo, Sondika, M^a Díaz, Mazarredo, Txurdinaga, Basauri, Elorrieta, Arrigorriaga, Areta, Llodio, Mondragón, Ategorrieta, Rentería, Beasain, Avda. Gasteiz, Tres de Marzo, Facultad de Farmacia, Agurain, Valderejo, Izkiz, Mundaka, Urkiola.
período 1988-2005: Basauri, Getxo

PM₁₀

período 1996-2005 (calculadas): Abanto, Cruces, Siete Campas, Indautxu, Mazarredo, Txurdinaga, Arrigorriaga, Llodio, Durango, Mondragón, Ategorrieta, Rentería, Beasain, Azpeitia, Tres de Marzo, Mundaka.
período 1992-2005 (calculadas): (no se tienen datos anteriores) Abanto, Cruces

período 1999-2005: Abanto, Náutica, Barakaldo, Mazarredo, Basauri, Erandio, Getxo, Llodio, Zalla, Durango, Mondragón, Ategorrieta, Rentería, Beasain, Avda Gasteiz, Tres de Marzo, Lantarón, Valderejo.

Tras representar las series de los diferentes indicadores elegidos se han seleccionado las siguientes para el cálculo de tendencias: SO₂ (mediana mensual de los máximos horarios del día), CO (mediana mensual de los máximos octohorarios del día), NO₂ (mediana mensual de los máximos horarios del día), O₃ (mediana mensual de los máximos horarios del día y Percentil 90 mensual de los máximos octohorarios del día) y PM₁₀ (Percentil 90 mensual de las medias diarias).

Los modelos de series temporales ARIMA, modelo autorregresivo integrado de media móvil, estacionales y no estacionales, también conocidos como modelos Box-Jenkins (10) son ampliamente conocidos aunque existen los modelos conocidos como de suavizado exponencial (11), similares a los anteriores, que son muy útiles para ajustar y predecir series temporales que presentan una tendencia y/o una estacionalidad. Son modelos que no se basan en el conocimiento teórico de los datos y entre ellos se encuentran los siguientes:

- Simple. Este modelo es adecuado para las series en las que no existe tendencia o estacionalidad. Su único parámetro de suavizado es el nivel. El suavizado exponencial simple es el más similar a un modelo ARIMA con cero órdenes de autoregresión, un orden de diferenciación, un orden de media móvil y sin constante.
- De Holt con tendencia lineal. Este modelo es adecuado para las series en las que existe tendencia lineal y no existe estacionalidad. Sus parámetros de suavizado son el nivel y la tendencia, y los valores de los mismos no se encuentran restringidos mutuamente. El modelo de suavizado exponencial de Holt es muy similar a un modelo ARIMA con cero órdenes de autoregresión, dos órdenes de diferenciación y dos órdenes de media móvil
- Simple estacional. Este modelo es adecuado para series son tendencia y un efecto estacional que es constante a lo largo del tiempo. Sus parámetros de suavizado son el nivel y la estación. El modelo de suavizado exponencial simple estacional es muy similar a un modelo ARIMA con cero órdenes de autoregresión, un orden de diferenciación, un orden de diferenciación estacional y órdenes de media móvil 1, p y p + 1, donde p es el número de períodos contenidos en un intervalo estacional (para los datos mensuales, p = 12).
- De Winters aditivo. Este modelo es adecuado para las series con tendencia lineal y un efecto estacional que no depende del nivel de la serie. Sus parámetros de suavizado son el nivel, la tendencia y la estación. El modelo de suavizado exponencial aditivo de Winters es muy similar a un modelo ARIMA con cero órdenes de autoregresión, un orden de diferenciación, un orden de diferenciación estacional y p + 1 órdenes de media móvil, donde p es el número de períodos contenidos en un intervalo estacional (para datos mensuales p = 12).
- De Winters multiplicativo. Este modelo es adecuado para las series con una tendencia lineal y un efecto estacional que depende del nivel de la serie. Sus parámetros de suavizado son el nivel, la tendencia y la estación. El modelo de suavizado exponencial multiplicativo de Winters no es similar a ningún modelo ARIMA.

La mayoría de los modelos resultantes son estacionales bien aditivos o multiplicativos. Los parámetros: α , γ y δ controlan el peso relativo dado a las observaciones más recientes a la hora de estimar el nivel, la tendencia y la estacionalidad respectivamente. El modelo Multiplicativo es similar, al Aditivo que se describe sólo que el factor estacional está multiplicando y no sumando.

$$\hat{X}_t = S_t + T_t + I_{t-p+1}$$

$$S_t = S_{t-1} + T_{t-1} + \alpha e_t$$

$$T_t = T_{t-1} + \alpha \gamma e_t$$

$$I_t = I_{t-p} + \delta(1 - \alpha)e_t$$

4. RESULTADOS.

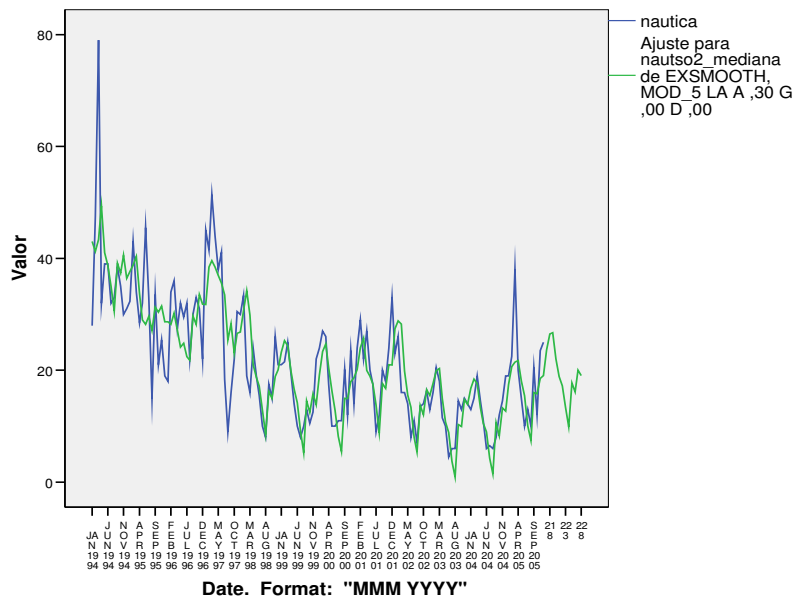
Presentaremos aquí sólo unos cuantos ejemplos de los modelos que se comportan mejor para algunas de las estaciones y parámetros.

NAUTICA SO₂. Años 1994-2005 Modelo Aditivo de Winters (predicción año 2006)

Estado de suavizado inicial

Índices estacionales	1	3,62881
	2	6,53032
	3	6,92275
	4	2,37881
	5	-,62119
	6	-2,15377
	7	-5,78987
	8	-9,15150
	9	-1,17868
	10	-2,60254
	11	1,41564
	12	,62123
Nivel		39,55871
Tendencia		-,14867

Serie original – Serie ajustada y predicción

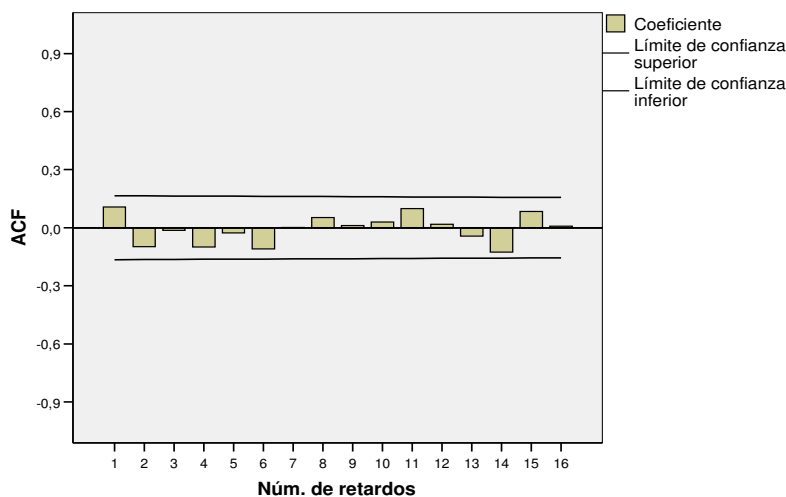


Parámetros del suavizado

Serie	Alpha (Nivel)	Gamma (Tendencia)	Delta (Estación)	Sumas de los errores cuadráticos	gl error
nautso2_mediana	,30000	,00000	,00000	6423,33818	131

Función de autocorrelación de los errores

Error para nautso2_mediana de EXSMOOTH, MOD_5 LA A ,30 G ,00 D ,00

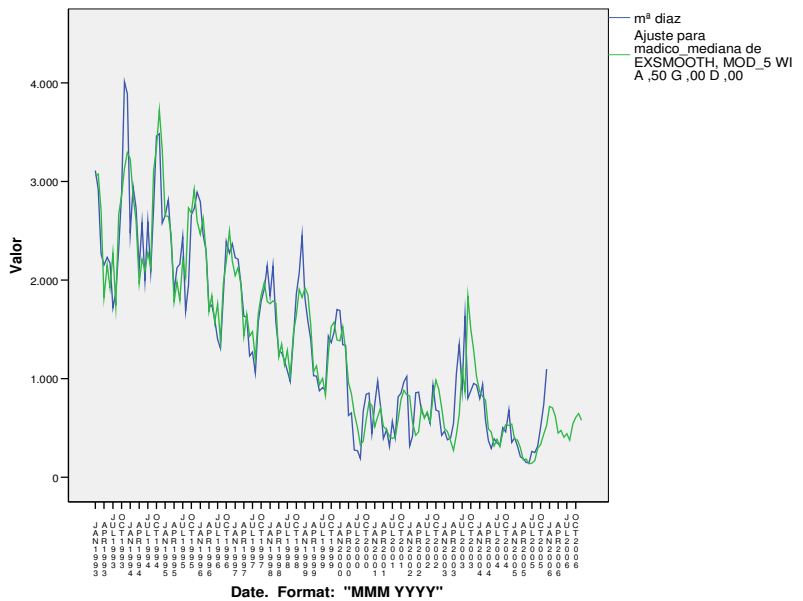


MARÍA DIAZ CO. Años 1993-2005 Modelo Multiplicativo de Winters (predicción año 2006)

Estado de suavizado inicial

Índices estacionales	1	112,83956
	2	113,26043
	3	102,66520
	4	75,83874
	5	82,54970
	6	72,68173
	7	81,32367
	8	71,53035
	9	105,91618
	10	122,25117
	11	134,47453
	12	124,66874
Nivel		2722,19714
Tendencia		-15,61491

Serie original – Serie ajustada y predicción

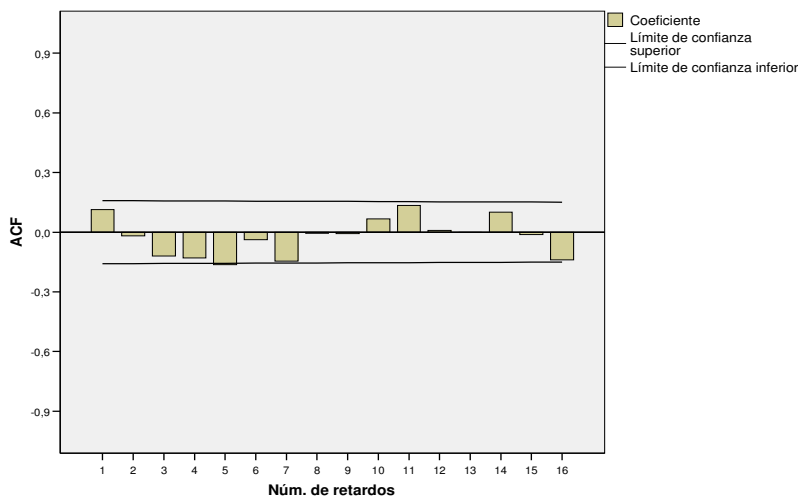


Parámetros del suavizado

Serie	Alpha (Nivel)	Gamma (Tendencia)	Delta (Estación)	Sumas de los errores cuadráticos	gl error
madico_mediana	,50000	,00000	,00000	12250611,29420	143

Función de autocorrelación de los errores

Error para madico_mediana de EXSMOOTH, MOD_5 WI A, .50 G, .00 D, .00

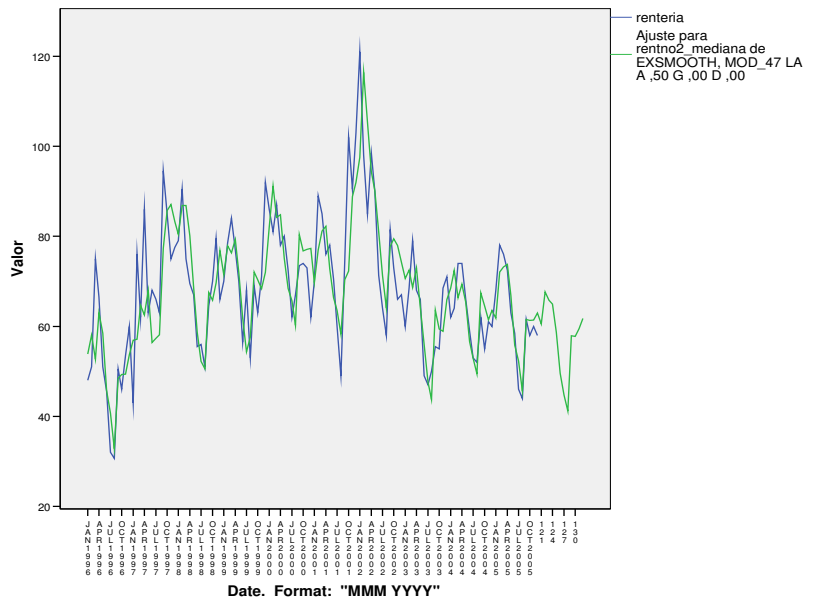


RENTERÍA NO₂. Años 1996-2005 Modelo Aditivo de Winters (predicción año 2006)

Estado de suavizado inicial

Índices estacionales	1	3,58621
	2	10,62325
	3	8,66646
	4	7,73128
	5	1,34239
	6	-7,84743
	7	-12,81101
	8	-16,46008
	9	,16029
	10	-,12675
	11	1,48436
	12	3,65103
Nivel		50,18596
Tendencia		,10327

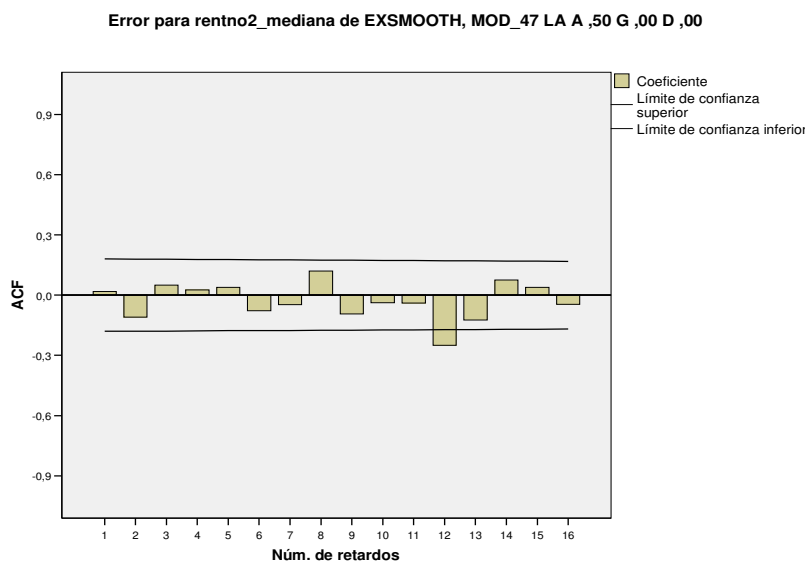
Serie original – Serie ajustada y predicción



Parámetros del suavizado

Serie	Alpha (Nivel)	Gamma (Tendencia)	Delta (Estación)	Sumas de los errores cuadráticos	gl error
rentno2_mediana	,50000	,00000	,00000	8742,31579	107

Función de autocorrelación de los errores

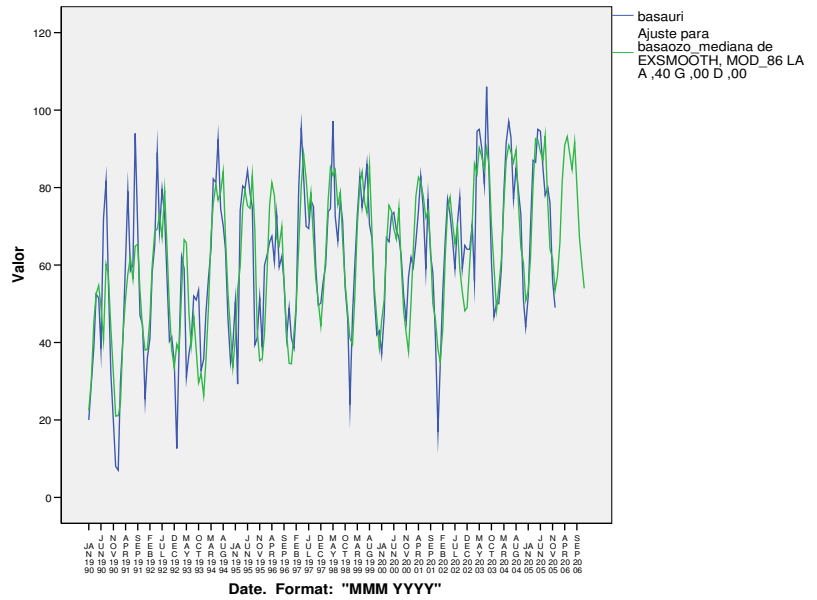


BASAURI O₃. Años 1990-2005 Modelo Aditivo de Winters (predicción año 2006)

Estado de suavizado inicial

Índices estacionales	1	-18,27340
	2	-9,62182
	3	5,75775
	4	15,16036
	5	17,18842
	6	12,78971
	7	8,33700
	8	15,20574
	9	3,86126
	10	-9,79299
	11	-17,24905
	12	-23,36299
Nivel		40,59345
Tendencia		,18879

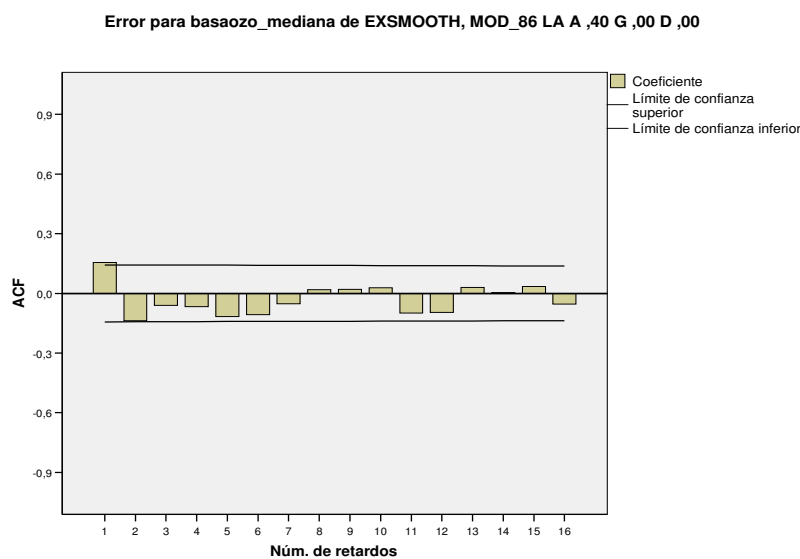
Serie original – Serie ajustada y predicción



Parámetros del suavizado

Serie	Alpha (Nivel)	Gamma (Tendencia)	Delta (Estación)	Sumas de los errores cuadráticos	gl error
basazo_mediana	,40000	,00000	,00000	20006,76338	179

Función de autocorrelación de los errores

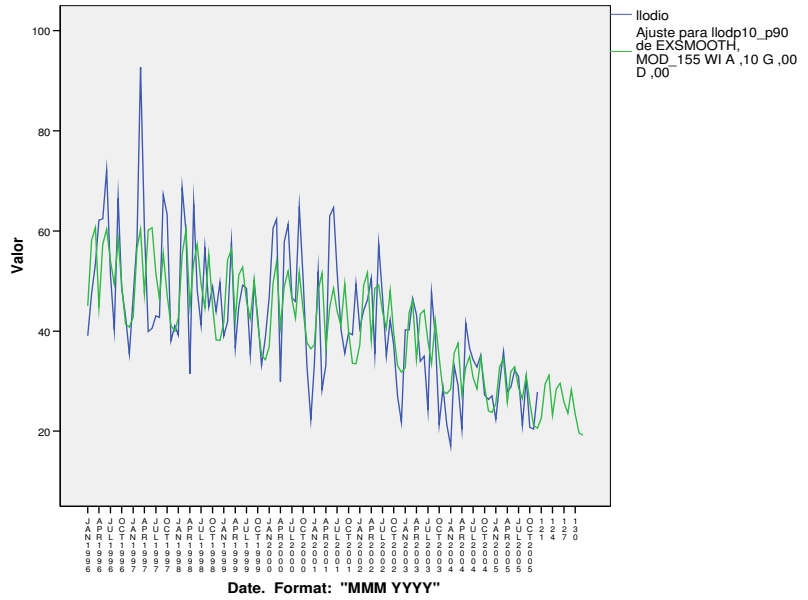


LLODIO PM₁₀- Años 1996-2005 Modelo Multiplicativo de Winters (predicción año 2006)

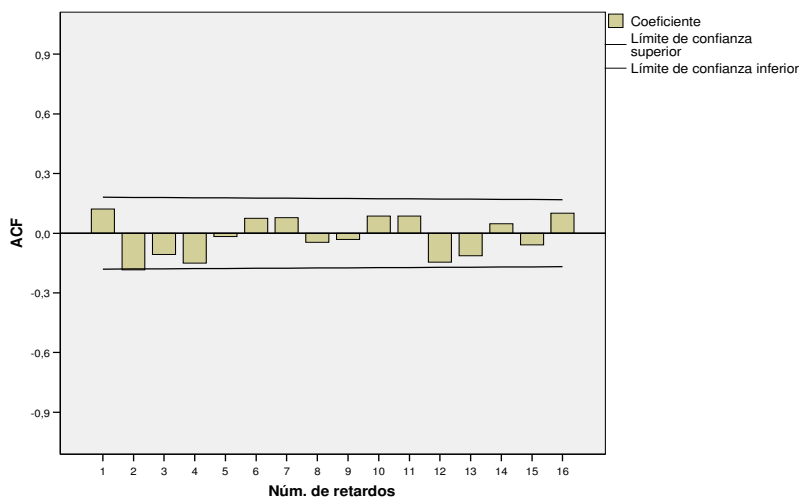
Estado de suavizado inicial

Índices estacionales	1	85,00603
	2	111,75425
	3	119,37904
	4	89,53151
	5	110,87682
	6	116,15870
	7	102,39374
	8	∞

Serie original – Serie ajustada y predicción



Error para llo dp10_p90 de EXSMOOTH, MOD_155 WI A ,10 G ,00 D ,00



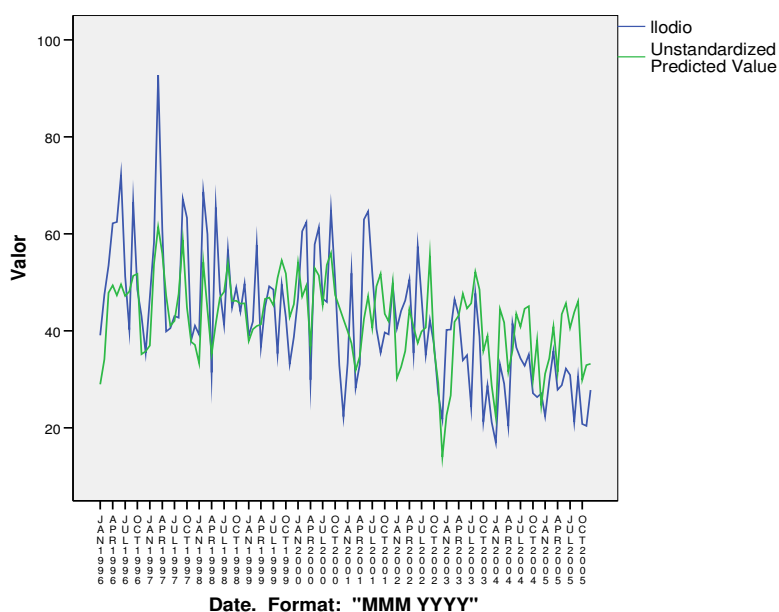
Los resultados indican ligeras tendencias a la baja en SO₂ (más acusada los primeros años) y mayores en CO (con diferencias entre el período anterior y posterior a 2001 en muchas estaciones). Ligeramente al alza el O₃ en algunas estaciones y tendencias poco significativas en NO₂. Se pueden observar tendencias más o menos acusadas en un sentido u en otro en PM₁₀ dependiendo de la estación.

En el caso del O₃ y de PM₁₀ se han tratado los ajustes de las series a las variaciones de los parámetros meteorológicos relacionados mediante la técnica de la regresión lineal múltiple paso a paso.

Así para el ajuste de la serie de PM₁₀ de la estación de Llodio se obtiene:

Variable dependiente: Llodio PM₁₀ (P90 mensual de las medias diarias). Años 1996-2005

Variables predictoras: Constante, Sondika REC77_MES, Sondika DELTAT



Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
,616(b)	,380	,369	10,70954

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	8208,588	2	4104,294	35,785	,000(b)
Residual	13419,219	117	114,694		
Total	21627,807	119			

Coefficientes

	Coefficients no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
Constante	40,487	9,822		4,122	,000
REC77_MES	-,004	,001	-,426	-5,646	,000
DELTAT	3,451	,747	,348	4,621	,000

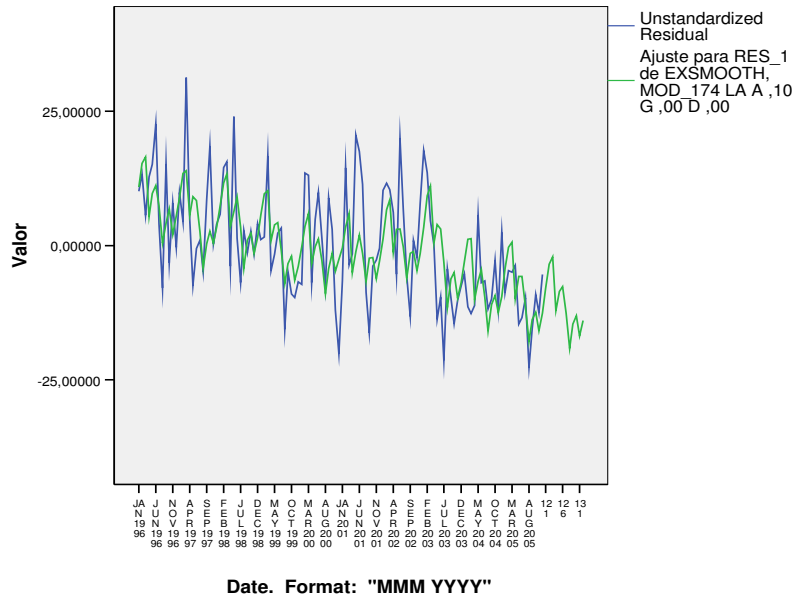
Restando de la serie original la serie ajustada mediante el modelo de regresión se obtiene la serie residual para la que se estima el mejor modelo de suavizado exponencial.

Serie Residual de LLODIO PM₁₀. Años 1996-2005 Modelo Aditivo de Winters (predicción año 2006)

Estado de suavizado inicial

Índices estacionales	1	2,09448
	2	6,73624
	3	8,29745
	4	-1,52450
	5	2,18227
	6	3,28133
	7	-1,48922
	8	-7,89451
	9	-3,16179
	10	-1,46029
	11	-5,06423
	12	-1,99722
Nivel		8,94732
Tendencia		-,16999

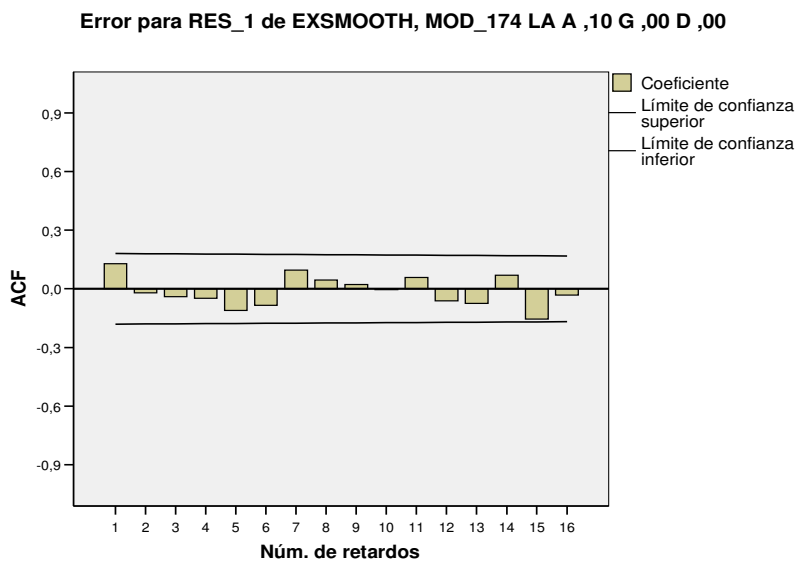
Serie original – Serie ajustada y predicción



Parámetros del suavizado

Serie	Alpha (Nivel)	Gamma (Tendencia)	Delta (Estación)	Sumas de los errores cuadráticos	gl error
RES_1	,10000	,00000	,00000	8058,98253	107

Función de autocorrelación de los errores



Los resultados indican que eliminar de las series las variaciones debidas a los factores meteorológicos influyentes apenas afecta a la tendencia, aunque pueden ajustarse mejor las variaciones de períodos cortos (meses e interanuales).

5. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos son consistentes con lo esperado y los modelos se ajustan bien. Todo ello indica que la metodología es adecuada para llevar a cabo análisis de tendencias de series temporales de medidas de inmisión.

El interés de este trabajo queda claro y no es otro que disponer de una herramienta para evaluar los niveles de inmisión registrados y las medidas de control de emisiones cuando sea necesario adoptarlas debido a la superación de los límites de calidad del aire establecidos.

Queda todavía pendiente una interpretación de los resultados más detallada que en estos momentos se está llevando a cabo y que se espera pueda estar acabada en breve, obteniendo así una descripción de los niveles de contaminación atmosférica en la C.A.P.V. y de las tendencias detectadas dependiendo de las diferentes zonas y tipos de emplazamientos

REFERENCIAS

1. Thomson M. L. et al. (1999). A review of statistical methods for the meteorological adjustment of tropospheric ozone. NRCSE-TRS N° 026.
2. Fiore A. M. et al. (1998). Long-term trends in ground level ozone over the contiguous United States, 1980-1995. *Journal of Geophysical Research*, Vol 103, pp 1471-1480.
3. Huang L. et al. (1999). Meteorologically-dependent trends in urban ozone. *Environmetrics*, Vol 10, pp 103-118.
4. Bloomfield P. J. et al. (1996). Accounting for meteorological effects in urban ozone levels and trends. *Atmospheric Environment*, Vol 30, pp 3067-3077.
5. Davis et al. (1998). Modeling the effects of meteorology in ozone in Houston using cluster analysis and generalized additive models. *Atmospheric Environment*, Vol 32, pp 2505-2520.
6. Joe H. et al. (1996). Analysis of trends in tropospheric ozone in the lower Fraser Valley, British Columbia. *Atmospheric Environment*, Vol 30, pp 3413-3421.
7. Porter P. S. et al. (1996). Statistical characteristics of spectrally-decomposed ambient ozone time series data. OTAG Web Site.
8. Directiva 1999/30/CE de 22 de abril de 1999 relativa a los valores límite de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas y plomo en el aire ambiente.
9. A. Albizuri, M. Díez, J. Zatika y M^a D. López (2001). Evaluación de los datos de PM₁₀ adquiridos en varios emplazamientos de la C.A.P.V. VII Congreso Nacional de Ingeniería Ambiental. Bilbao.
10. Box G. E. P. et al. (1994). *Time series analysis: Forecasting and control*, 3rd ed. Englewood Cliffs (N.J.). Prentice Hall.
11. Gardner E. S. (1985). Exponential smoothing: the state of the art. *Journal of Forecasting*, 4, 1-28.

AGRADECIMIENTOS

En especial a Ihobe y a la Dirección de Planificación, Evaluación y Control del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Gobierno Vasco, sin cuyo apoyo, la ejecución de este trabajo no hubiera sido posible.