

## SIPEI 2010

### Situación actual



**INDICE**

- **U.P.T. AS PONTES**
  - PRESENTE
  - FUTURO
  
- **SIPEI**
  - PRESENTACIÓN
  - CONEXIÓN
  - PREDICCIÓN
  - VISUALIZACIÓN
  
- **FUNCIONAMIENTO DEL CICLO COMBINADO**



**U.P.T. AS PONTES**

 **U.P.T. AS PONTES**

 **Presente**

- Puesta en marcha de la Central de Ciclo Combinado durante el periodo 2008-2009.
  - Nuevas metodologías de clasificación
- Red de Vigilancia ha sido redefinida
  - Unidad de Producción Térmica adaptada a su funcionamiento habitual con 100% de carbón importado
  - Ciclo Combinado en funcionamiento comercial.
- En la Red de Vigilancia se reubicaron 3 estaciones y se eliminaron 4; de esta forma se pasa de 17 a 13 estaciones, siendo tres de ellas nuevas.

 **U.P.T. AS PONTES**

 **Futuro**

- Durante el periodo 2008-2009 se observó que no es apropiado mantener el Sistema de Predicción en un PC.
- El día 02/10/09, tuvo lugar una reunión en As Pontes, en la que se acordó acometer de forma inmediata la integración del sistema predicción en la plataforma MEDAS. Con este cambio, se gana mantenimiento, seguridad y estabilidad.
- Por tanto, la integración en MEDAS se considera un objetivo básico del desarrollo del SIPEI que debe ser realizado en el periodo 2009-2010.



 **SIPEI**

 **Presentación**

- El Sistema de Predicción de Estadística de Inmisión utiliza datos de inmisión minutas disponibles en el sistema MEDAS para obtener:
  - Predicciones de los valores de dióxido de azufre y de óxidos de nitrógeno, con media hora de antelación, usando modelos aditivos.
  - Proporciona una predicción probabilística de superación de los niveles de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$
  - SIPEI calcula la probabilidad estimada de si es la Central Térmica o el Ciclo Combinado el causante de un episodio de alteración de la calidad de aire.

## ■ **Conexión**

- En este módulo se obtienen los datos originales, se formatean convenientemente y se ponen a disposición del módulo de predicción.

## ■ **Predicción**

- Hace referencia a los aspectos más metodológicos, matemáticos y estadísticos
- En este módulo se leen los datos formateados, se aplican los modelos, se realizan los cálculos, se obtienen los resultados que se ponen a disposición del módulo de visualización.

## ■ **Visualización**

- En este módulo se leen los resultados, se generan los gráficos y los informes y se pone toda la información a disposición del usuario final.

 **SIPEI**

 **Conexión**

- Mediante la conexión con MEDAS se recogen datos minutales y cincominutales de todas las estaciones de medición, de la central térmica, de la central de ciclo combinado y de la estación meteorológica.
- La disposición de los datos correspondientes a la nueva Central de Ciclo Combinado y las modificaciones ejecutadas sobre las estaciones que conforman la Red de Control de Calidad de Aire motivaron revisar el protocolo de comunicación entre MEDAS y SIPEI.



**SIPEI**



**Predicción**

## ■ SITUACIÓN

- En el periodo 2008-2009 la incorporación de la nueva central de ciclo combinado ha causado un importante impacto en los sistemas de predicción.
  - Desarrollo, implementación y validación de nuevos modelos capaces de predecir no solo niveles de  $\text{SO}_2$  sino también de  $\text{NO}_x$ .
- El sistema sigue funcionando en continuo aportando predicciones de los niveles de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ .
  - Calculando la probabilidad de que se produzca un episodio y, en caso de producirse, permite predecir si es la Central Térmica o el Ciclo Combinado el causante del mismo.

## ■ MODELOS DE PREDICCIÓN

- Actualmente, están implementados los **modelos aditivos** para predecir con media hora de antelación el comportamiento de las variables de inmisión de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ .

- En los aditivos se utilizan las matrices históricas construidas con niveles reales de inmisión en media horaria formando vectores del tipo:

$$(x_{t-5}, x_t, x_{t+30})^T$$

- Se definen estratos particularizados para cada estación y variable de interés asignando a cada uno de ellos un rango de valores de  $x_{t+30}$  que determinará a que estrato pertenece su correspondiente vector:  $(x_t - x_{t-5}, x_t, x_{t+30})^T$

- El modelo planteado es de la forma:

$$\hat{X}_{t+30} = \beta_0 + s_1(X_t) + s_2(X_t - X_{t-5})$$

- $X_i$  nivel medio horario del contaminante en el instante  $i$
  - $\beta_0$  es una constante desconocida.
  - $s_1$  y  $s_2$  son funciones suaves desconocidas.
  - $\hat{X}_{t+30}$  es la estimación obtenida para 30 minutos después al instante actual.
- La estimación del modelo se realiza de forma no paramétrica utilizando Splines con penalizaciones y las matrices históricas correspondientes. Se usa el método de validación cruzada generalizado para estimar el parámetro de suavizado.

## ■ EN ESTUDIO

- Se están estudiando modelos semiparamétricos con respuesta bidimensional con el objetivo de seguir mejorando las predicciones.
  - Contemplan la existencia de una relación de dependencia en términos de **cointegración** entre las variables de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ .
- Se continúa trabajando con **modelos funcionales**, que permitan obtener mejores predicciones tanto de  $\text{SO}_2$  como de  $\text{NO}_x$ .
- Modelos **datos direccionales** que tienen en cuenta variables meteorológicas como pueden ser la dirección y velocidad de viento.

## ■ PREDICCIÓN ESPACIAL

### ■ Estimación del semivariograma :

-Variog: Calcula variogramas empíricamente .

### ■ Ajuste del modelo:

■ Variofit: Estimación de parámetros de covarianza al ajustar un modelo paramétrico de un variograma empírico.

■ Las funciones de covarianza son de la forma:

$$C(h) = \sigma^2 * \rho(h)$$

» ***h** distancia entre dos variables*

»  ***$\sigma^2$**  parámetro de la varianza.*

»  ***$\rho(h)$**  función de correlación definida positiva.*

### ■ Pure.nugget:

- $\rho(h) = k$

- » Donde **k** es un valor constante. Este modelo corresponde a no correlación espacial.

### ■ Modelo matern:

- $\rho(h) = (1/(2^{(kappa-1)} * \Gamma(kappa))) * ((h/phi)^{kappa}) * K_{\{kappa\}}(h/phi)$

- » **phi** el parámetro básico de la función de correlación y se le llama range parameter.

- » **kappa** parámetro adicional, el parámetro de suavidad.

### ■ Si hay errores, se cogen los valores iniciales.

## ■ SOLUCIÓN

### ■ varionp

- Estimación de un variograma mediante una regresión localmente lineal

### ■ varioShB

- Aproximación de un variograma empírico o no paramétrico mediante Shapiro-Botha

### ■ Kriging.np

- Kriging ordinario usando el variograma dado por Shapiro-Botha

```
if(nobs>4){  
  # Calcular los estimadores de los semivariogramas  
  t0=Sys.time()  
  cat("Estimación del semivariograma\n")  
  esv=as.geodata(cbind(datx,daty,datz[1,]))  
  for (k in 2:nobs){  
    aux=as.geodata(cbind(datx,daty,datz[k,]))  
    esv$u=c(esv$u,aux$u)  
    esv$v=c(esv$v,aux$v)}  
  # Ajustar modelo  
  cat("y ajuste de un modelo")  
  esv.np=varionp(esv)  
  esv.SB=varioShB(esv.np)  
  esv.kc=Kriging.NP(esv.SB,esv)  
  cat("(" ,round(difftime(Sys.time()),t0,units="secs"),4),"s )\n")  
  flush.console()}
```

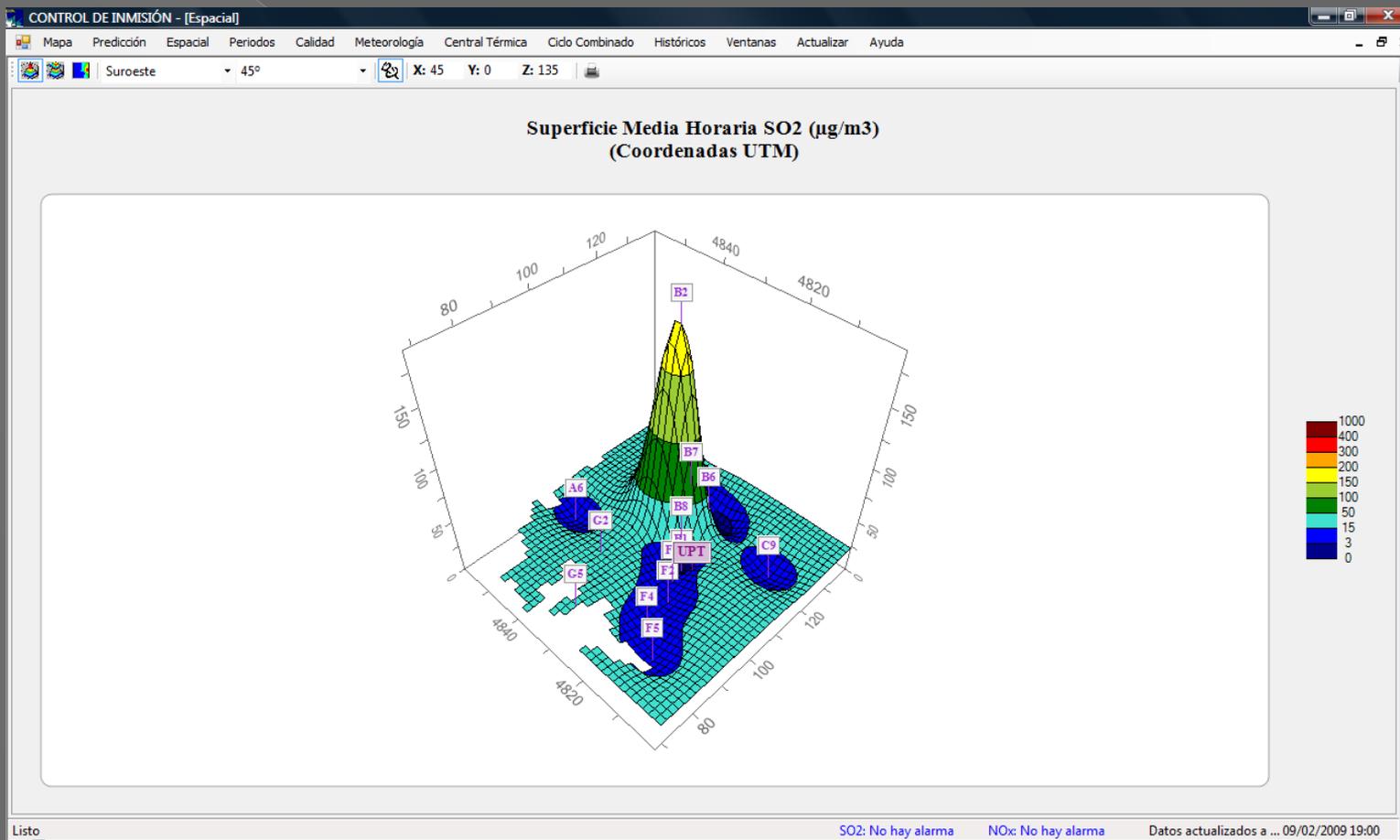


# RESULTADOS PREDICCIÓN ESPACIAL



09/02/09

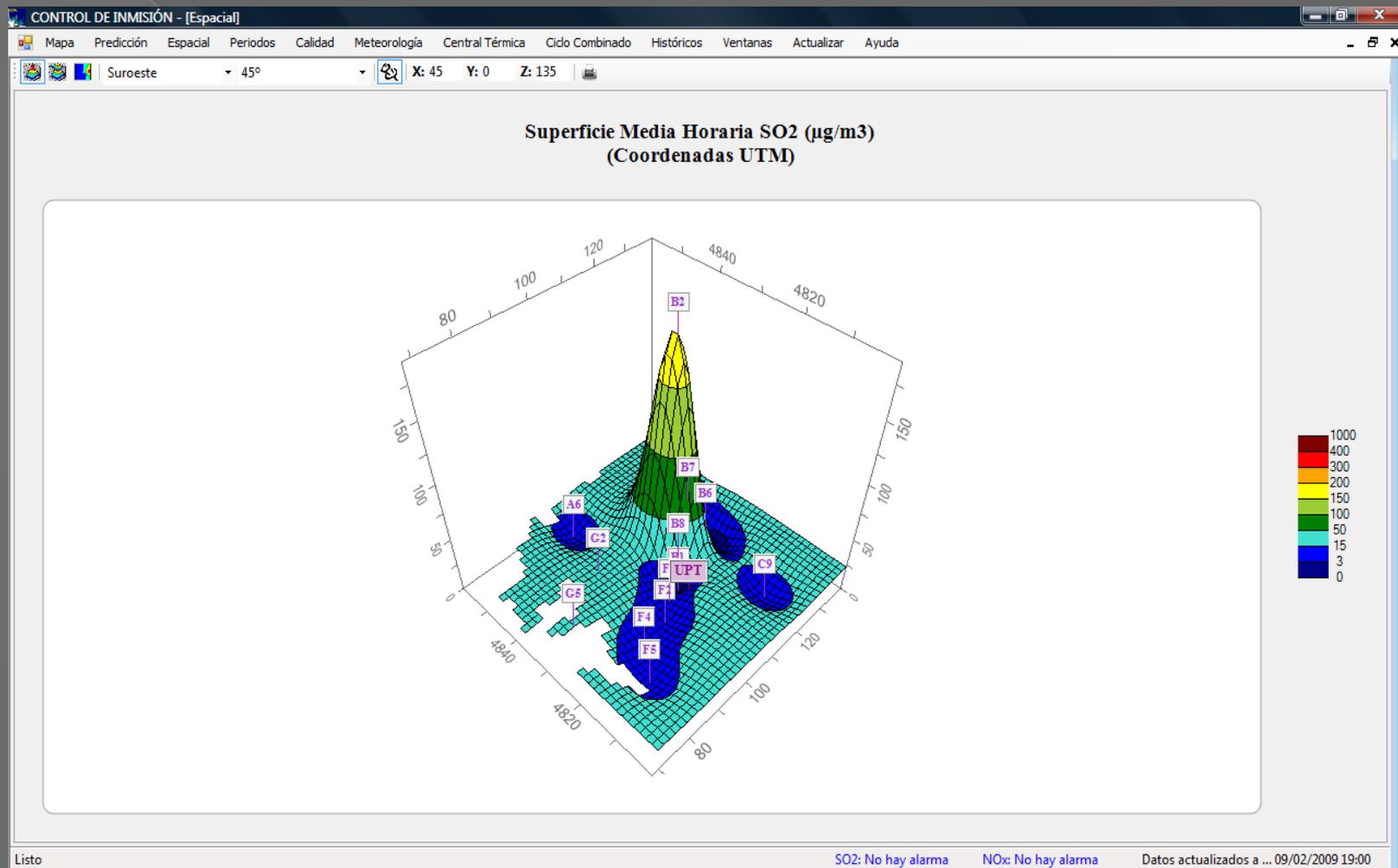
## ■ PREDICCIÓN ESPACIAL PARAMÉTRICA



## ■ PREDICCIÓN ESPACIAL NO PARAMÉTRICA

```
Esperando nuevos datos...
Lectura de archivos predSMxx.dat
09/feb/09 19:00 B1      09/feb/09 19:00 B2      09/feb/09 19:00 B6
09/feb/09 19:00 B7      09/feb/09 19:00 B8      09/feb/09 19:00 C9
09/feb/09 19:00 G5      09/feb/09 19:00 E3      09/feb/09 19:00 F2
09/feb/09 19:00 F4      09/feb/09 19:00 F5      09/feb/09 19:00 F6
09/feb/09 19:00 F8      09/feb/09 19:00 G2      09/feb/09 19:00 G4
09/feb/09 19:00 H1      09/feb/09 19:00 A6      ( 0.078 s )
Estimación del semivariograma
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
ajuste de un modelo[l1] "Scale: 67.7815609144553"
variog: computing omnidirectional variogram
variog: computing omnidirectional variogram
[l1] "Ventana inicial: 0.173001271402844"
( 273.758 s )
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
Cálculo de la superficie 1 de 2 .
as.geodata: 4 points removed due to NA in the data
Cálculo de la superficie 2 de 2 .
( 0.952 s )
Esperando nuevos datos...
Esperando nuevos datos...
```

## ■ PREDICCIÓN ESPACIAL NO PARAMÉTRICA



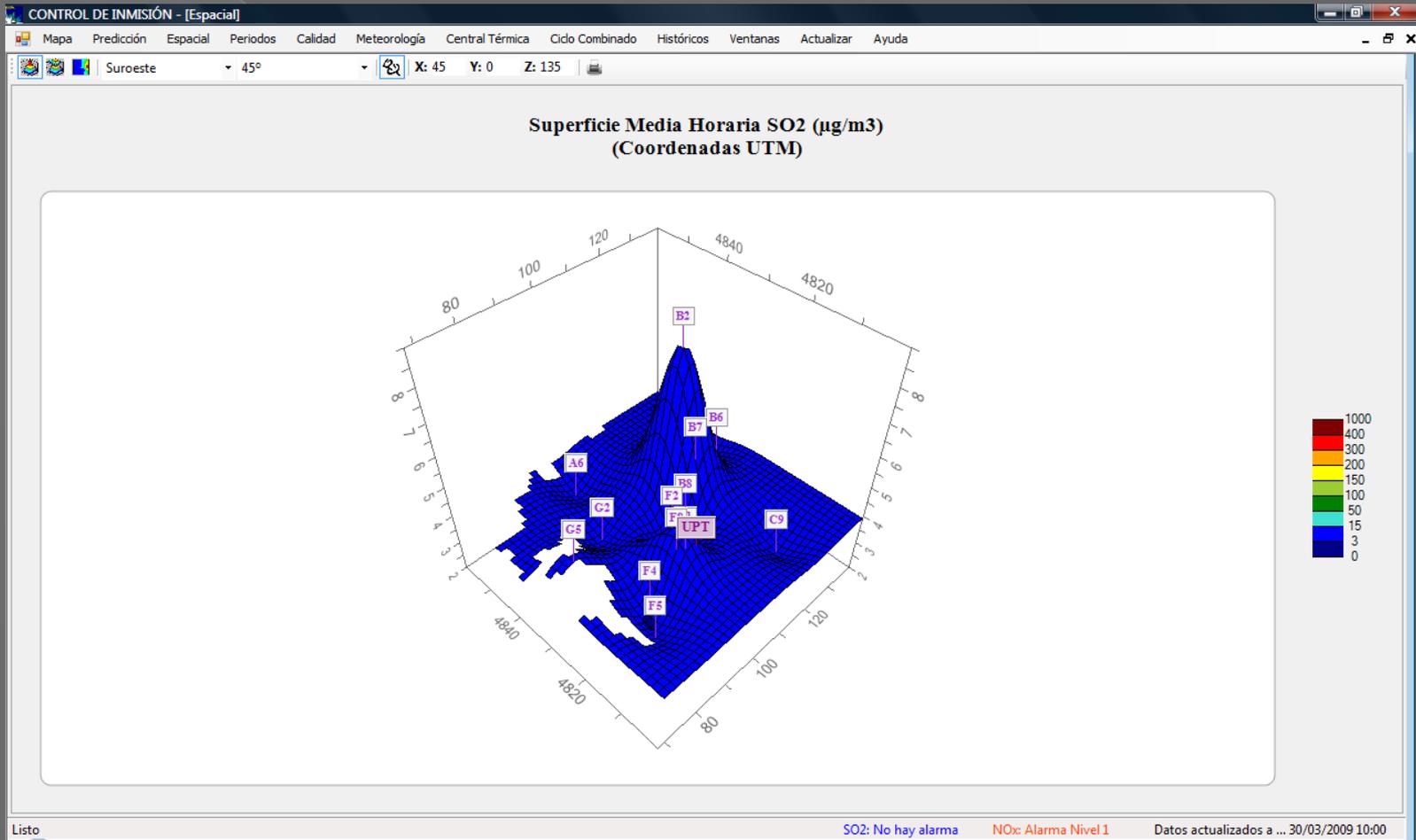


# RESULTADOS PREDICCIÓN ESPACIAL



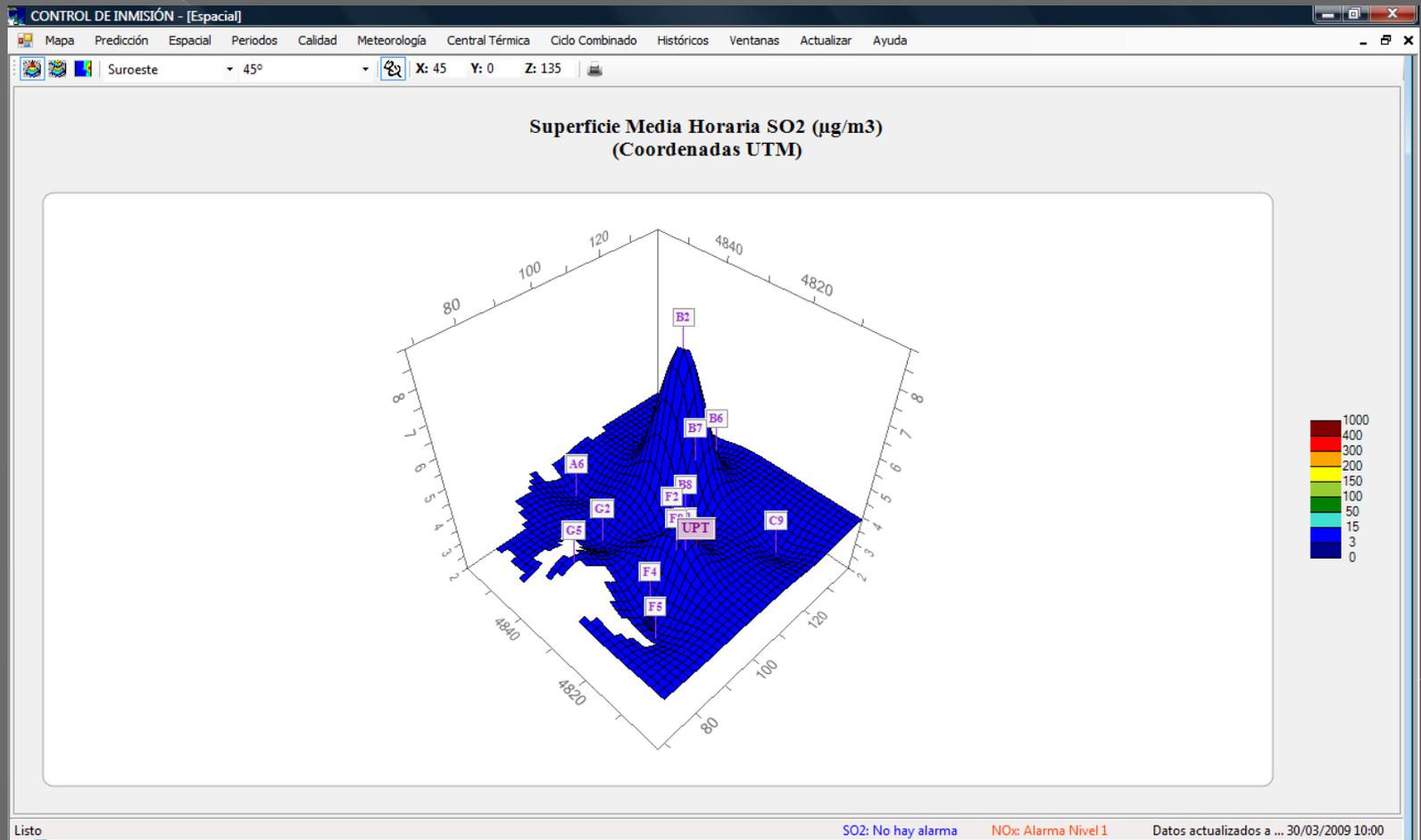
30/03/2009

## PREDICCIÓN ESPACIAL PARAMÉTRICA





## ■ PREDICCIÓN ESPACIAL NO PARAMÉTRICA



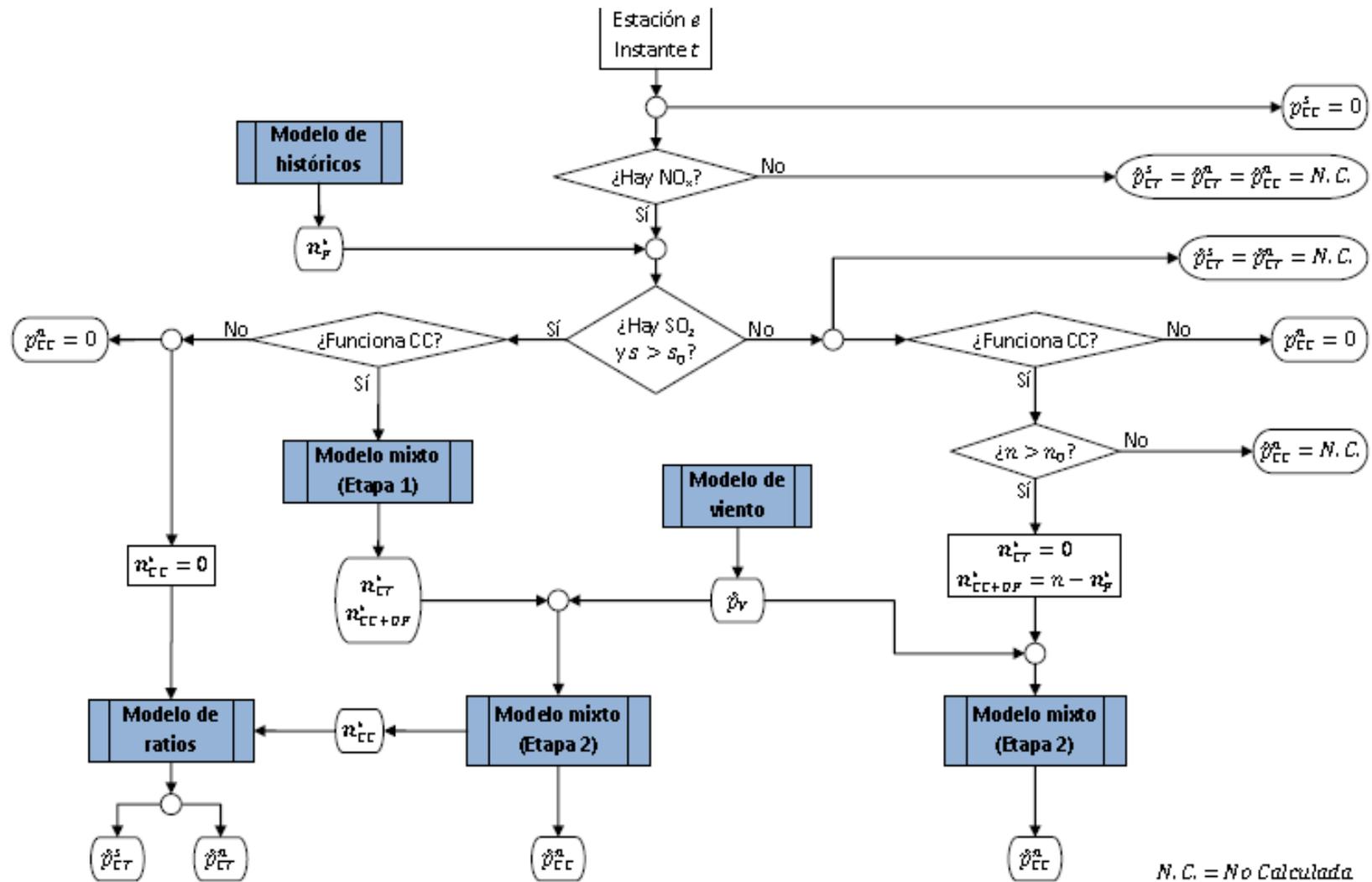
## ■ **MODELOS DE CLASIFICACIÓN**

- Proporcionan con frecuencia minutil, la probabilidad estimada de que el origen de un episodio de alteración de calidad de aire sea debido a la central térmica o a la de ciclo combinado. Tienen en cuenta:
  - Diferencias en los niveles de emisión de las centrales.
  - Diferencias en las condiciones de emisión de las centrales, especialmente en la altura de las chimeneas.
  - El  $\text{SO}_2$  pierde interés a favor del  $\text{NO}_x$ .
  - El modelo inicial no se puede aplicar al Ciclo Combinado.
  - Es posible utilizar en el modelo variables meteorológicas (como la dirección o velocidad del viento).

- Se diseñó una estructura modular compuesta por cuatro modelos, cada uno dotado de identidad propia y orientado a resolver un problema concreto.
- Modelo de históricos
  - Es un modelo desarrollado exclusivamente para la generación de muestras artificiales del  $\text{NO}_x$  de fondo a partir de los datos históricos de inmisión utilizando una estimación no paramétrica.
- Modelo de ratios
  - Es una evolución del modelo inicial de ratios en el que además del  $\text{NO}_x$  de fondo se considera el del Ciclo Combinado.
  - Se utiliza para obtener las probabilidades estimadas de que el origen del  $\text{SO}_2$  y del  $\text{NO}_x$ , respectivamente, sea para la Central Térmica.

- Modelo de viento
  - Obtiene la estimación de  $\text{NO}_x$  usando la dirección y velocidad del viento y la distancia de cada estación al ciclo combinado.
  - Se utiliza para obtener la probabilidad estimada de que las emisiones del Ciclo Combinado puedan incidir en una estación en función del viento.
  
- Modelo mixto
  - Este modelo, permite obtener las probabilidades estimadas de que el origen del  $\text{NO}_x$  sea la Central Térmica o el Ciclo Combinado, respectivamente.
  - Se asume que no hay presencia de niveles de  $\text{SO}_2$  imputables al Ciclo Combinado y, por tanto, su probabilidad es nula.

- Este modelo consta de dos etapas
  - Etapa 1: Con las muestras artificiales del  $\text{NO}_x$  de fondo de la Central Térmica se obtiene una conjunta del Ciclo Combinado y otros posibles focos.
  - Etapa 2. Se asigna la probabilidad de que el origen esté en la central Térmica o en el ciclo combinado.
    - En esta segunda etapa influye la probabilidad de que las emisiones de Ciclo Combinado puedan incidir en cada estación en función del viento.



## ■ OBSERVACIONES

- Se establecen niveles mínimos de referencia tanto para el  $\text{SO}_2$  como para el  $\text{NO}_x$  (representados en el esquema por  $s_0$  y  $n_0$ , respectivamente) que determinan la necesidad o no de realizar determinados cálculos.
- Si hay o no  $\text{SO}_2$ , si hay o no  $\text{NO}_x$  y si funciona o no el Ciclo Combinado. Estos criterios dicotómicos se fijaron en función de restricciones y necesidades del sistema.
- La probabilidad estimada de que el origen del  $\text{NO}_x$  sea la Central Térmica es calculada mediante el modelo de ratios, cuando también se podría obtener mediante la segunda etapa del modelo mixto.
  - aprovechar la presencia de  $\text{SO}_2$  la cual es utilizada en el modelo de ratios pero no en el mixto.

## ■ EN ESTUDIO

- Se continúan realizando investigaciones sobre posibles relaciones de **cointegración** entre las variables de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$  serán de gran utilidad para plantear nuevos métodos de clasificación
- También el estudio con modelos de **datos direccionales** podría aportar interesantes aplicaciones en la determinación del origen de un episodio.

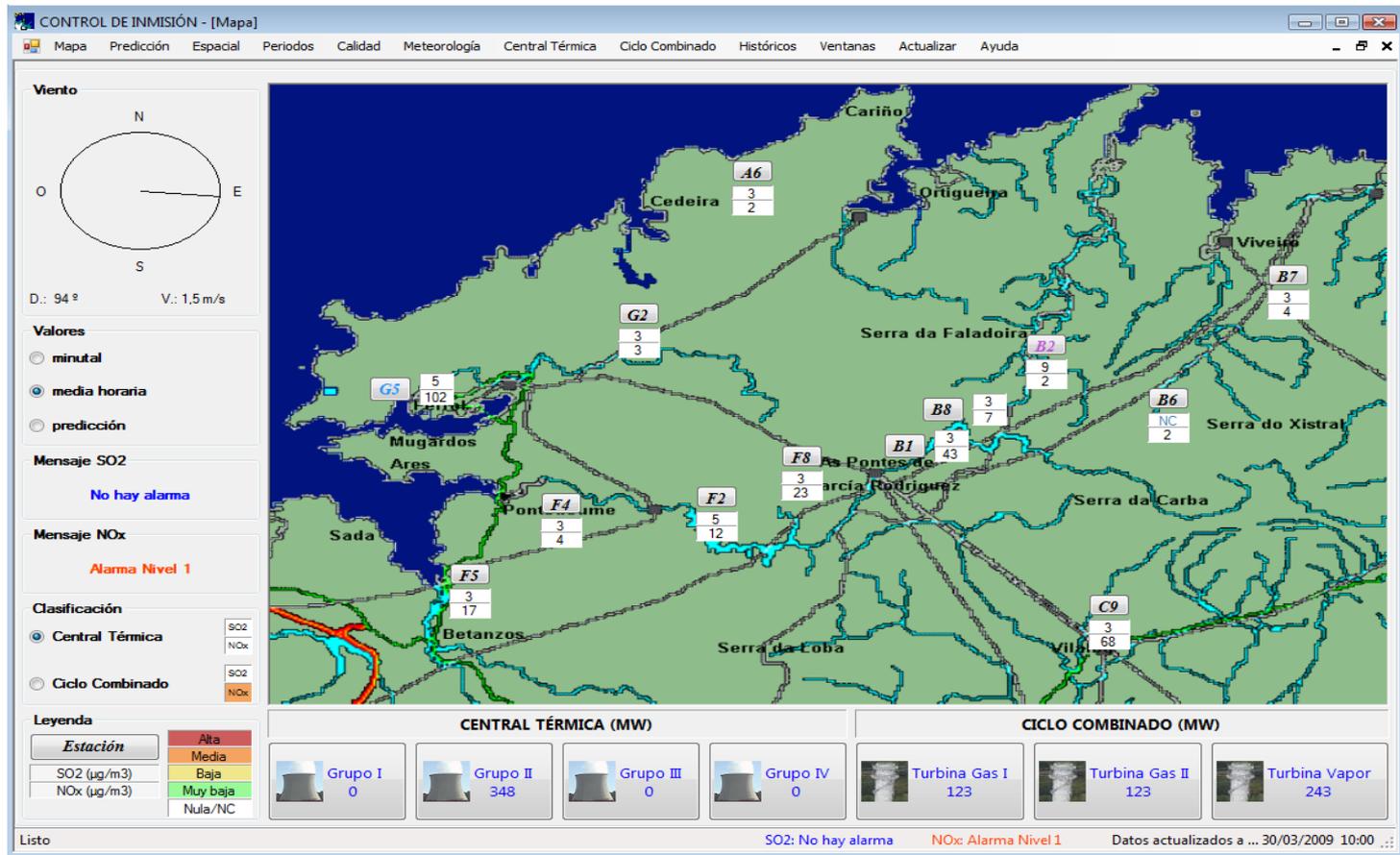
 **SIPEI**

 **Visualización**

- Durante el periodo 2008-2009 se elaboraron dos versiones del programa de Visualización de la Predicción de Inmisión: VPR\_INM\_2007-v.3.0.0.0, VPR\_INM\_2007-v.3.1.0.0
- VPR\_INM\_2007-v.3.0.0.0
  - Cambio en la red de estaciones y se aprovechó esta situación para realizar numerosos cambios que se habían pedido.
- VPR\_INM\_2007-v.3.1.0.0
  - Nuevas metodologías para la identificación del origen de un episodio.

## MAPA

- En esta ventana se pueden visualizar diferentes datos a modo de resumen de la situación y la actividad actuales.



- La novedad de esta versión respecto a la anterior es:
  - Clasificación relativa a la estimación de la probabilidad de que los niveles de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> mostrados puedan deberse a la actividad de la Central Térmica y/o el Ciclo Combinado.
  - El valor máximo de SO<sub>2</sub> se destaca mostrando en color rosa el código de la estación en que se alcanza y el valor máximo de NO<sub>x</sub> se destaca mostrando en color azul el código de la estación en que se alcanza.

## ■ NIVELES DE ALARMA

### ■ No hay alarma

- No existe previsión de alcanzar niveles significativos en las concentraciones de calidad de aire ambiente.

### ■ Alarma Nivel 1

- Existe previsión de alcanzar niveles significativos en las concentraciones de calidad de aire ambiente, lo que requiere vigilar su evolución temporal.

### ■ Alarma Nivel 2

- Existe previsión que indica riesgo de superación de los niveles de referencia horarios, establecidos en la legislación vigente, para calidad de aire ambiente.

## ■ NIVELES DE CLASIFICACIÓN

### ■ Nula/NC

- La probabilidad estimada es nula o no ha sido calculada, ya sea por falta de datos o porque los valores de SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> medidos no son significativamente importantes.

### ■ Muy baja

- La probabilidad estimada es muy baja, prácticamente insignificante.

### ■ Baja

- La probabilidad estimada comienza a ser relevante, pero se mantiene todavía en niveles bajos.

## ■ Media

- La probabilidad estimada es moderada e indica que ya no se puede descartar que el origen del SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> medidos sea debido a la actividad de la Central Térmica o el Ciclo Combinado, según sea el caso.

## ■ Alta

- La probabilidad estimada es alta, lo que indica que es muy posible que el origen del SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> medidos sea debido a la actividad de la Central Térmica o el Ciclo Combinado, según sea el caso.

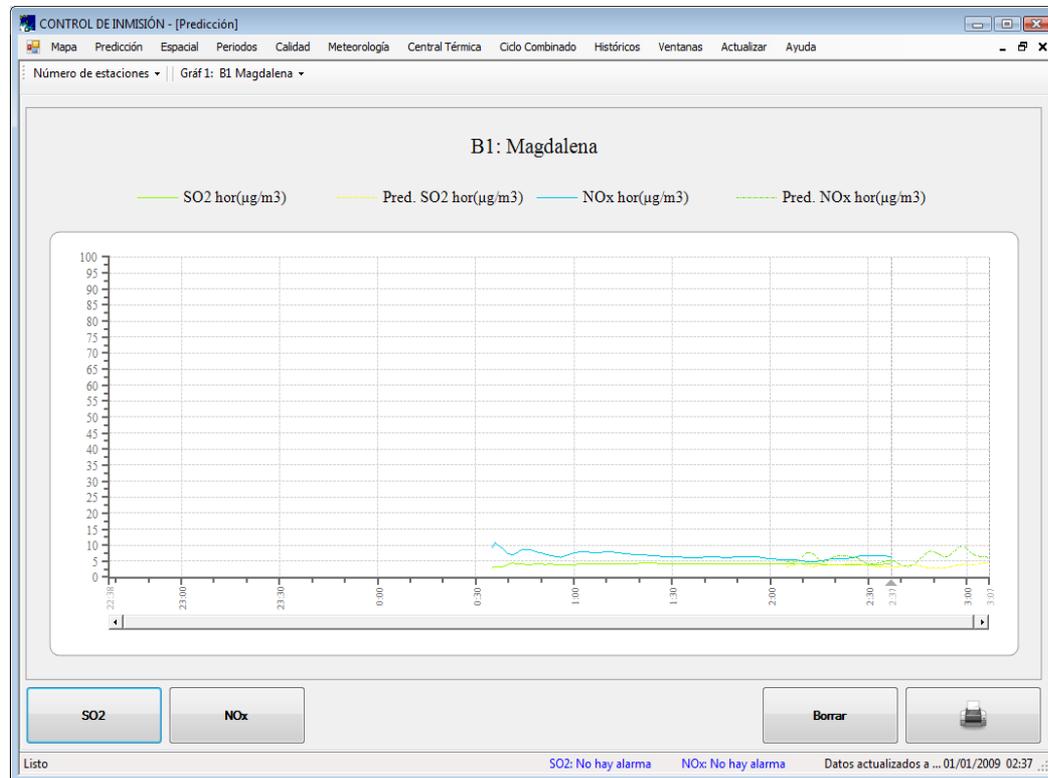
Niveles de alarma	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
No hay alarma	-2.00 / 100.00	-2.00 / 50.00
Alarma nivel 1	100.00 / 200.00	50.00/150.00
Alarma nivel 2	200.00/350.00	150.00/200.00
	+350.00	+200.00

Niveles de clasificación	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Nula/NC	-1.00 / 0.00	-1.00 / 0.00
Muy baja	0.00 / 1.00	0.00 / 1.00
Baja	1.00 / 30.00	1.00 / 30.00
Media	30.00 / 70.00	30.00 / 70.00
Alta	+70.00	+70.00

El valores mínimos tanto para SO<sub>2</sub> como para NO<sub>x</sub> para la clasificación: 10

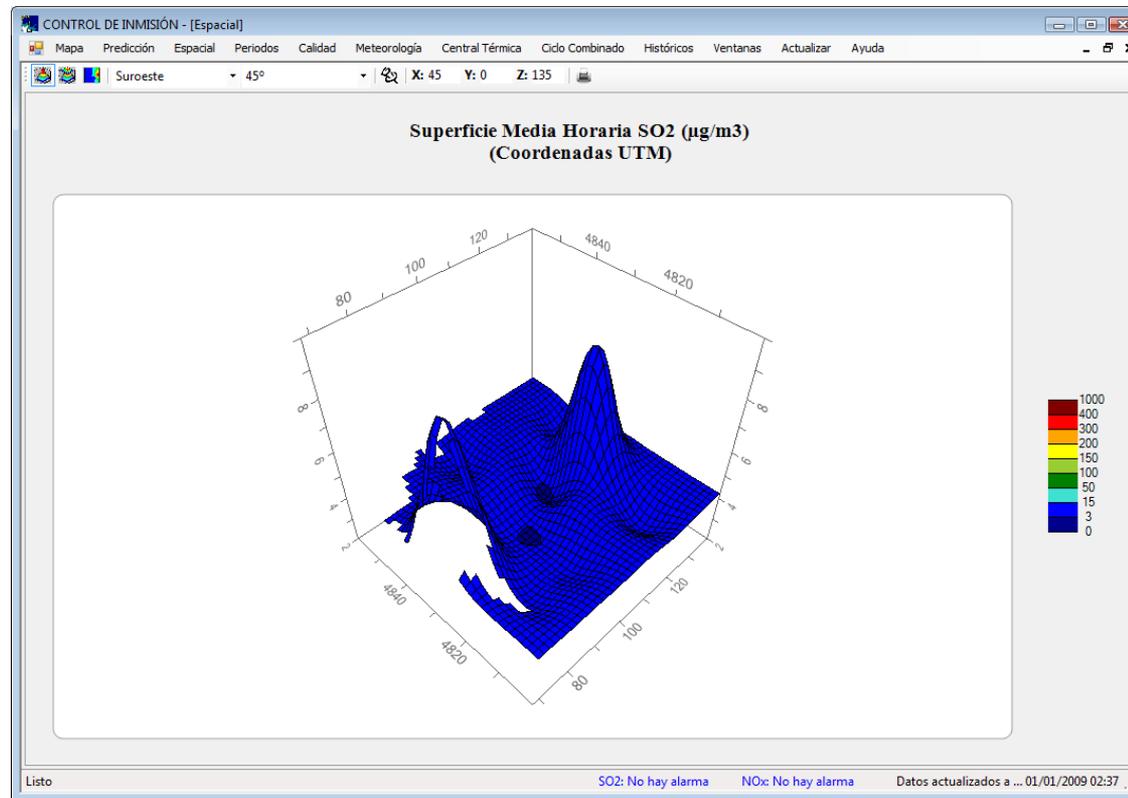
## ■ PREDICCIÓN

- En esta ventana se pueden visualizar los valores de inmisión obtenidos en cada una de las estaciones de medición para el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub>, así como las predicciones realizadas para cada uno de ellos.



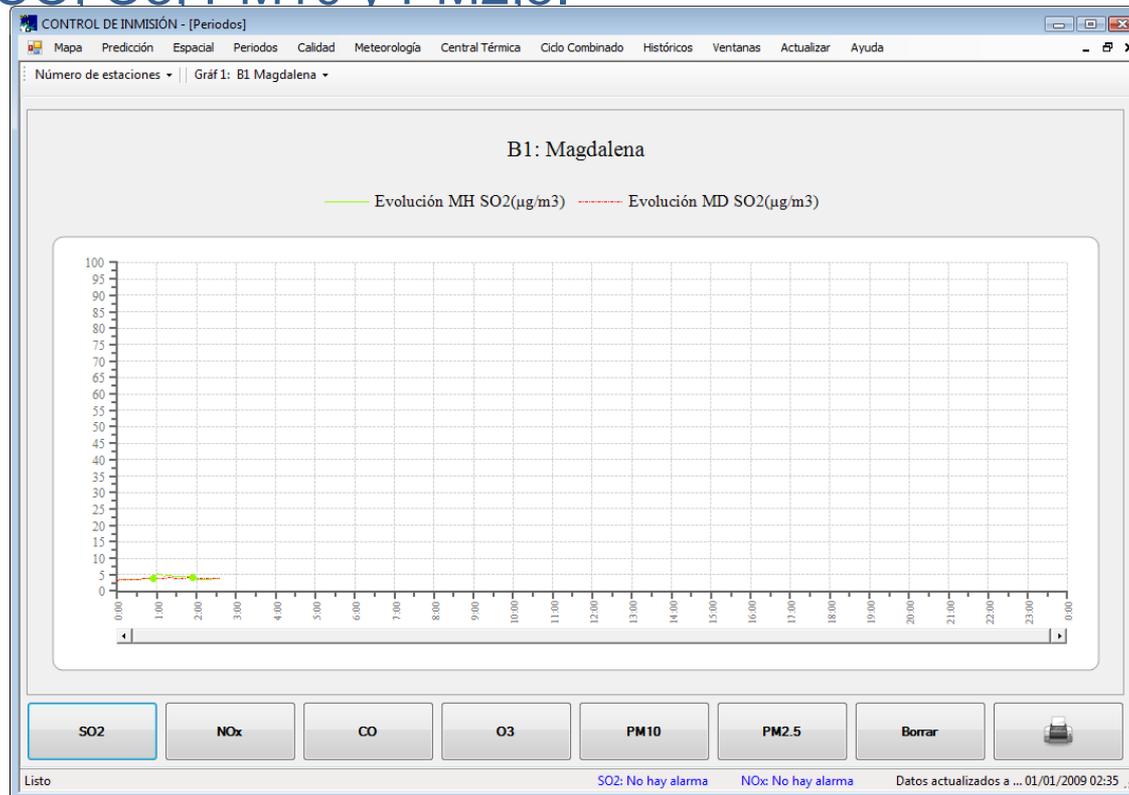
## ■ ESPACIAL

- En esta ventana se puede visualizar la superficie media horaria de  $\text{SO}_2$  abarcando el área de las estaciones de medición.



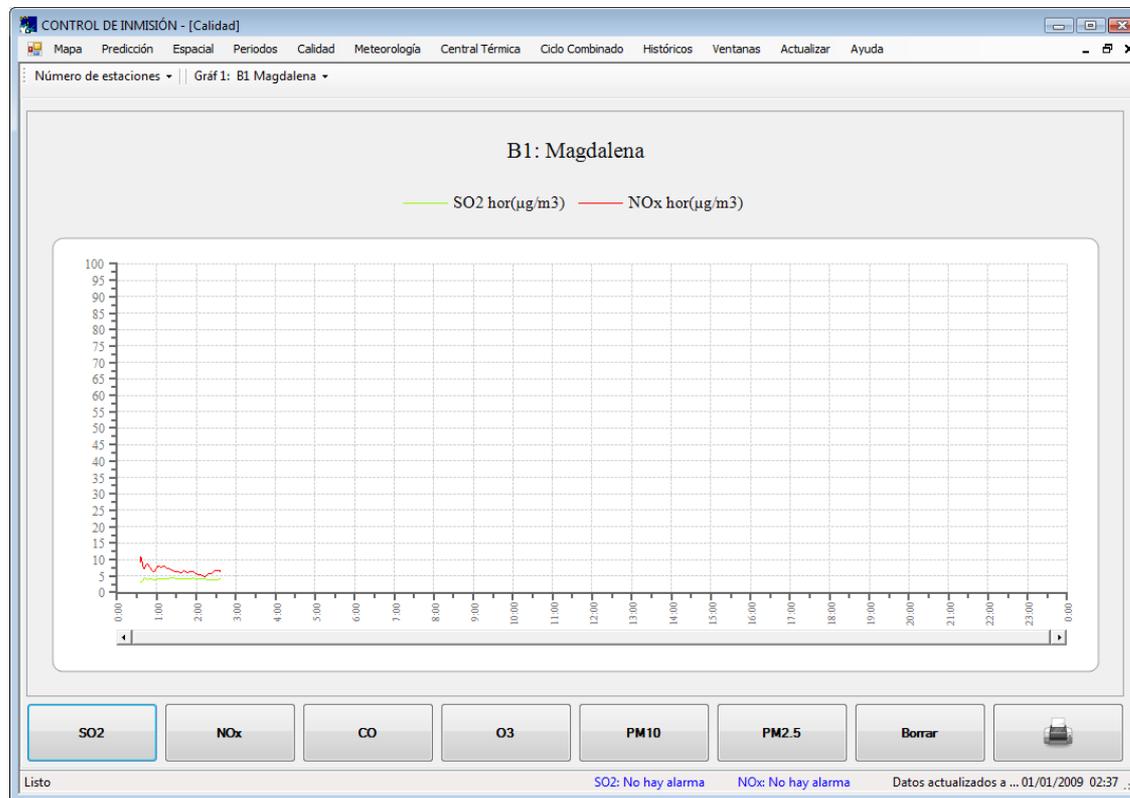
## ■ PERIODOS

- En esta ventana se pueden visualizar los valores cincominutales, de evolución en media horaria y diaria y los límites horarios de periodos para cada una de las estaciones de medición y de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.



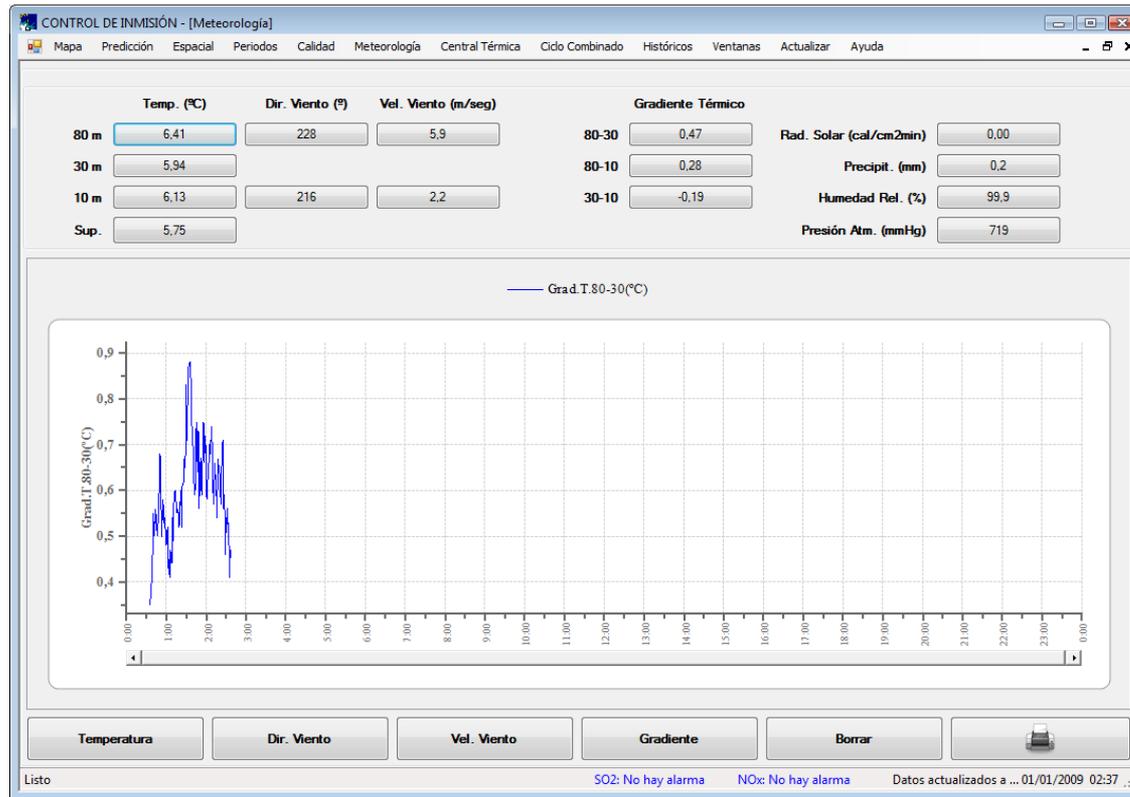
## ■ CALIDAD

- En esta ventana se pueden visualizar los valores minutales y horarios de calidad de aire para cada una de las estaciones de medición para el SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>.



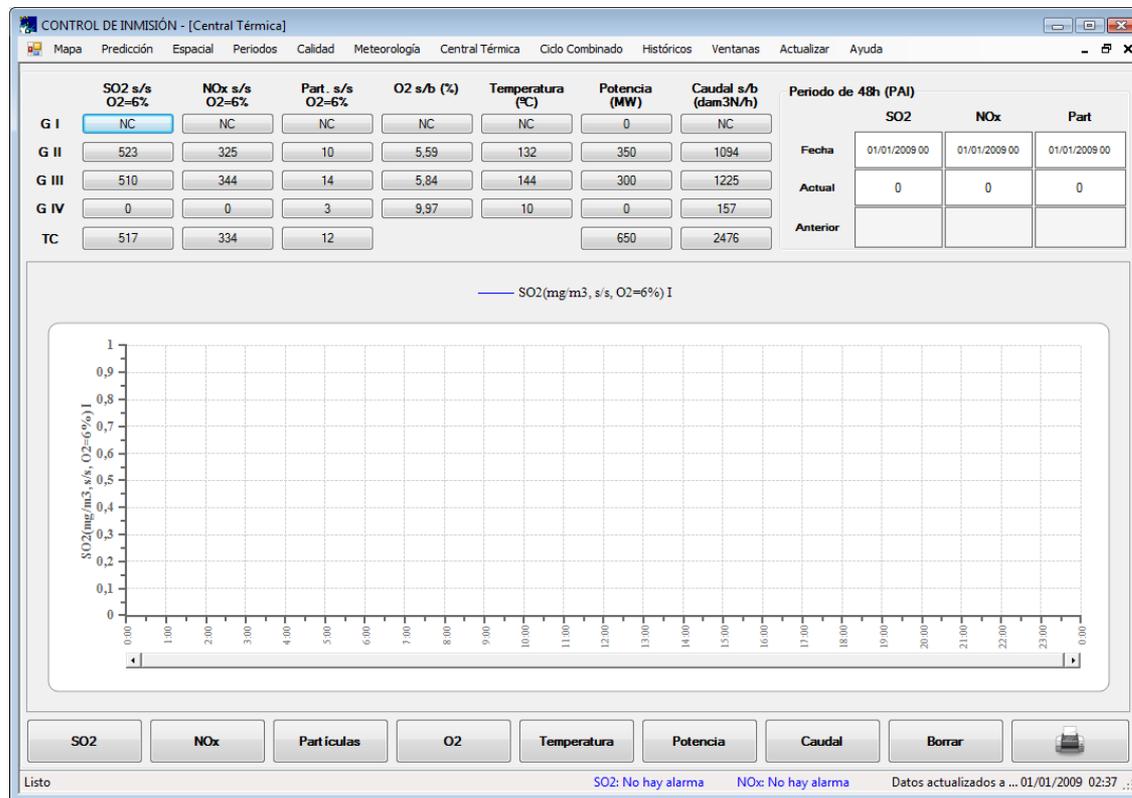
## ■ METEOROLOGÍA

- En esta ventana se pueden visualizar diferentes valores proporcionados por la estación meteorológica



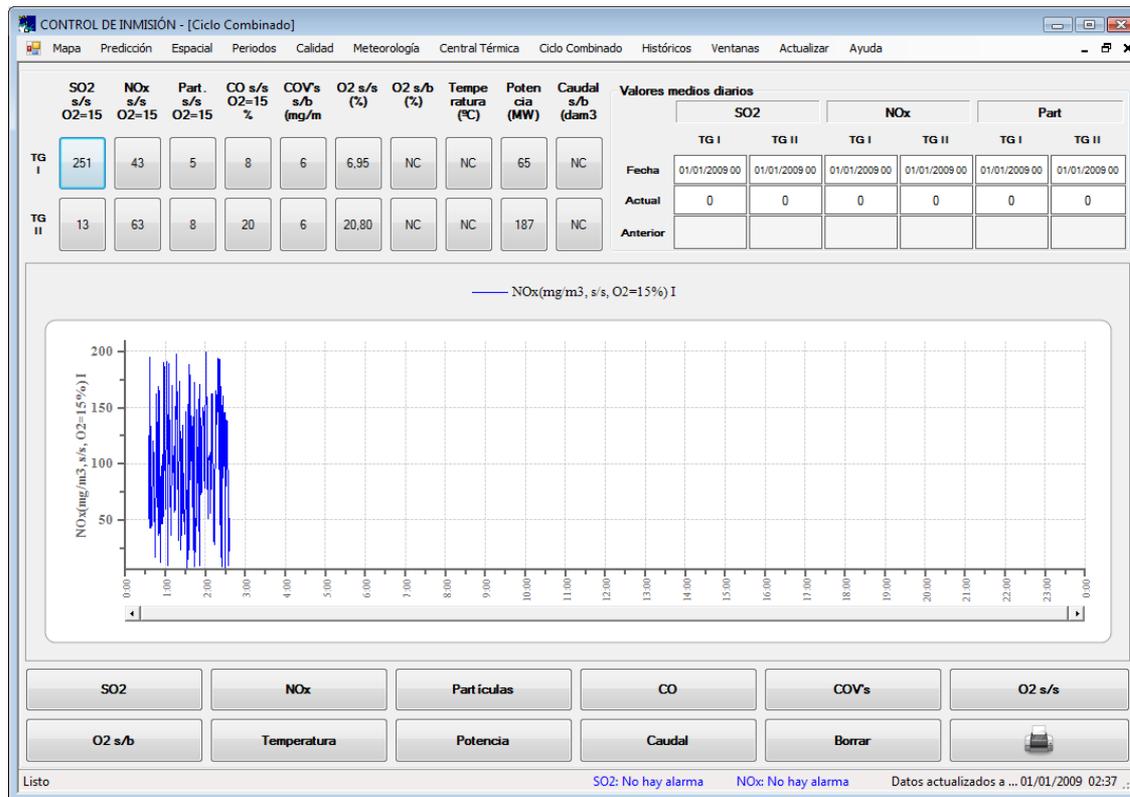
## ■ CENTRAL TÉRMICA

- En esta ventana se pueden visualizar diferentes valores de emisión y actividad de la central térmica.



## ■ Ciclo Combinado

- En esta ventana se pueden visualizar diferentes valores de emisión y actividad del ciclo combinado.



## ■ HISTÓRICOS

- Permite acceder a la Plataforma Históricos previa selección del fichero correspondiente al día que se desea consultar.
  - gráficos de inmisión, de meteorología, de la central térmica y del ciclo combinado y obtener e imprimir informes.



## ■ Ventanas

- Permite gestionar el modo en que se muestran y disponen las ventanas.

## ■ Actualizar

- Permite actualizar (refrescar) los datos.

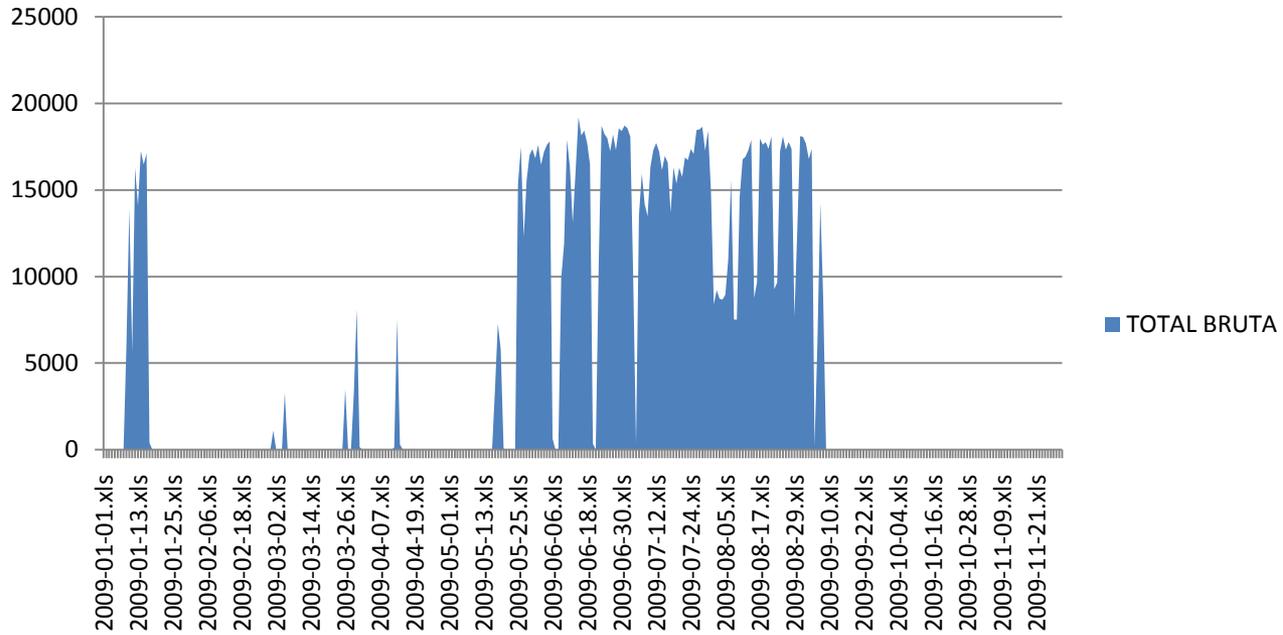
## ■ Ayuda

- Permite acceder a diferentes opciones de información y ayuda.



# **FUNCIONAMIENTO DEL CICLO COMBINADO**

## TOTAL BRUTA



ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
9	0	6	3	11	27	31	31	8

## SIPEI 2010

### Situación actual