

GUIA PARA LA INTERCOMPARACIÓN DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS PM10 Y PM2,5 CON EL MÉTODO DE REFERENCIA. CALCULO DE LA FUNCIÓN DE CORRECCIÓN.



AIREAIRE

2014



EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

INGURUMEN ETA LURRALDE
POLITIKA SAILA

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE
Y POLÍTICA TERRITORIAL

DOCUMENTO:

GUIA PARA LA INTERCOMPARACIÓN DE EQUIPOS AUTOMÁTICOS PM10 Y PM2,5 CON EL MÉTODO DE REFERENCIA. CALCULO DE LA FUNCIÓN DE CORRECCIÓN.

FECHA DE EDICIÓN:

2014

PROPIETARIO:

Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial.



ingurumena.net

CONTENIDO

OBJETO	2
ALCANCE.....	2
CAMPAÑA DE TOMA DE MUESTRAS	2
EVALUACIÓN DE LA SERIE DE DATOS	2
CÁLCULO DE LA FUNCIÓN DE CORRECCIÓN	3
Tratamiento estadístico.....	3
Cálculo de la función de corrección.....	3
Cálculo de la incertidumbre del equipo de medición en continuo.....	3
Evaluación de resultados.....	4
Anexo A Algoritmos para el cálculo de los parámetros de la regresión ortogonal	5
Anexo B Función de corrección e incertidumbre en los resultados del método candidato.....	6
1. La pendiente b no difiere significativamente de 1: $ b-1 \leq 2.u(b)$, la ordenada en origen no difiere significativamente de 0: $ a \leq 2.u(a)$	6
2. La pendiente b no difiere significativamente de 1: $ b-1 \leq 2.u(b)$, la ordenada en origen difiere significativamente de 0: $ a > 2.u(a)$	6
3. La pendiente b difiere significativamente de 1: $ b-1 > 2.u(b)$, la ordenada en origen no difiere significativamente de 0: $ a \leq 2.u(a)$	7
4. La pendiente b difiere significativamente de 1: $ b-1 > 2.u(b)$, la ordenada en origen difiere significativamente de 0: $ a > 2.u(a)$	7
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	9

OBJETO

Establecer un procedimiento de intercomparación de las medidas obtenidas con equipos de medición en continuo respecto al método de referencia UNE-EN 12341 y UNE-EN 14907. Para ello se desarrolla una metodología estructurada que permite realizar los estudios de intercomparación con garantía, y así establecer factores o ecuaciones que permitan corregir los resultados obtenidos con equipos de mediada en continuo.

ALCANCE

Equipos de medida en continuo TEOM y de atenuación BETA incorporados en la Red de Control de la Calidad del Aire del Gobierno Vasco, sometidos a calibración instrumental y Ejercicios de Evaluación Externa.

CAMPAÑA DE TOMA DE MUESTRAS

En la campaña de tomas de muestra se realizan las mediciones en paralelo del método de referencia y el equipo de medición en continuo.

Las mediciones en paralelo se realizarán en forma de campañas cortas en diferentes estaciones climáticas. Se realizará un mínimo de dos conjuntos de medidas; uno realizado durante el periodo comprendido entre el 01 de octubre y el 31 de marzo (invernal), y otro durante el periodo comprendido entre el 01 de abril y el 30 de septiembre (estival).

El número mínimo de datos validados (parejas de medias diarias) ha de superar 30, para cada uno de los dos períodos mencionados. No obstante, se tratará de realizar el mayor número de ensayos posibles, lo que permitirá cubrir un mayor intervalo de condiciones climáticas y de fuentes de partículas que las que pueden existir durante ese periodo.

Eventualmente la serie de datos se puede dividir en dos series temporales diferentes para el periodo invernal y el estival con el fin de obtener funciones de corrección para cada periodo. En este caso cada serie de datos deberá ser evaluada por separado.

Todos los resultados serán promediados durante un periodo de 24 horas.

Los equipos y analizadores se posicionarán de modo que los efectos de falta de homogeneidad espacial del material particulado en el aire muestreado sean despreciables frente a otras contribuciones a la incertidumbre.

Los ensayos se realizan tras calibrar los equipos candidatos y de referencia mediante caudalímetros trazables a un patrón nacional o internacional. Así mismo, en los equipos de atenuación BETA, se deberá realizar una calibración del sistema de medición de masa mediante galgas de obturación calibradas por el fabricante. Se admitirá en ambos casos una incertidumbre ($K=2$) inferior o igual a 3%.

La incertidumbre de reproducibilidad del método de referencia deberá ser inferior a $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

EVALUACIÓN DE LA SERIE DE DATOS

En principio, los pares de datos se pueden quitar de las serie de datos únicamente si se pueda encontrar alguna razón técnica para hacerlo. De todos modos, al aplicar los métodos de referencia ocurren errores al manipular los filtros. Adicionalmente, se permite eliminar hasta el 2,5% de los datos considerados

como valor atípico¹(outlier) en tanto que los pares de datos válidos sea ≥ 40 . Todos los datos restantes se deben emplear para la evaluación posterior.

CÁLCULO DE LA FUNCIÓN DE CORRECCIÓN

Mediante estas medidas se calcula:

- La función de corrección
- La incertidumbre del equipo candidato (equipo de medición en continuo)

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Se establece que la relación entre los resultados de medida de los dos métodos se puede describir por una relación lineal de la forma

$$y_i = a + bx_i$$

Los datos obtenidos se tratan mediante regresión lineal ortogonal. En el Anexo A están disponibles los algoritmos para el calculo de a, b y sus varianzas, u(a) y u(b) .

CÁLCULO DE LA FUNCIÓN DE CORRECCIÓN

En función de que la pendiente (b) difiera o no significativamente de 1 y de que la ordenada en el origen (a) difiera o no significativamente de 0 se presentan 4 ecuaciones posibles de la función de corrección.

	Función de corrección
$ b-1 \leq 2.u(b)$ y $ a \leq 2.u(a)$	$y_{i,cal} = y_i$
$ b-1 \leq 2.u(b)$ y $ a > 2.u(a)$	$y_{i,cal} = y_i - a$
$ b-1 > 2.u(b)$ y $ a \leq 2.u(a)$	$y_{i,cal} = \frac{y_i}{b}$
$ b-1 > 2.u(b)$ y $ a > 2.u(a)$	$y_{i,cal} = \frac{y_i - a}{b} = \frac{1}{b}y_i - \frac{a}{b}$

CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DEL EQUIPO DE MEDICIÓN EN CONTINUO

En el Anexo B están disponibles las ecuaciones para el cálculo de las incertidumbres en los resultados del método candidato (equipo de medición en continuo) por comparación con el método de referencia, u_{CR} para los cuatro casos anteriores.

Se calcula la incertidumbre combinada relativa del método candidato w_{MC} como sigue:

¹ Para la evaluación de valores atípicos se empleará el Test de Grubbs al 99%

$$w_{MC}^2(y_i) = \frac{u_{CR}^2(y_i)}{y_i^2}$$

w_{MC} se evalúa a un nivel de $y_i=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} o $y_i=30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2,5}$

La incertidumbre relativa expandida W_{MC} se calcula multiplicando w_{MC} por un factor de cobertura $k=2$.

$$W_{MC} = k \cdot w_{MC} = 2 \cdot w_{MC}$$

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Para que la función de corrección sea válida, la incertidumbre calculada W_{MC} deberá ser inferior a la incertidumbre relativa expandida basada en los objetivos de calidad de datos para el método de referencia W_{ocd} .

Esta incertidumbre está establecida en el apartado 1 del Anexo V del RD 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, y es de 25% tanto para PM_{10} como para $\text{PM}_{2,5}$.

ANEXO A ALGORITMOS PARA EL CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE LA REGRESIÓN ORTOGONAL

Ecuación de regresión:

$$y = a + b \cdot x$$

Pendiente b:

$$b = \frac{Syy - Sxx + \sqrt{(Syy - Sxx)^2 + 4(Sxx)^2}}{2Sxy}$$

Donde:

$$Sxx = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$Syy = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$Sxy = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$\bar{x} = 1/n \sum x_i$$

$$\bar{y} = 1/n \sum y_i$$

Ordenada en origen a:

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

Incertidumbres de la pendiente y la ordenada en origen:

$$u^2(b) = \frac{Syy - ((Sxy)^2/Sxx)}{(n-2) \cdot Sxx}$$

$$u^2(a) = u^2(b) \frac{\sum x^2}{n}$$

ANEXO B FUNCIÓN DE CORRECCIÓN E INCERTIDUMBRE EN LOS RESULTADOS DEL MÉTODO CANDIDATO

Se pueden presentar cuatro casos:

1. LA PENDIENTE B NO DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 1: $|B-1| \leq 2 \cdot U(B)$, LA ORDENADA EN ORIGEN NO DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 0: $|A| \leq 2 \cdot U(A)$

Función de corrección:

$$y_{i,cal} = y_i$$

La incertidumbre en los resultados del método candidato (equipo de medición en continuo) por comparación con el método de referencia, u_{CR} :

$$u_{CR}^2(y_{i,cal}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [a + (b-1)x_i]^2$$

Donde:

RSS= la suma de los residuos (relativos) de la regresión ortogonal

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

$u(x_i)$ = incertidumbre de los resultados del método de referencia

2. LA PENDIENTE B NO DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 1: $|B-1| \leq 2 \cdot U(B)$, LA ORDENADA EN ORIGEN DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 0: $|A| > 2 \cdot U(A)$

Función de corrección:

$$y_{i,cal} = y_i - a$$

Los resultados de $y_{i,cal}$ se usan para calcular por regresión linear ortogonal una nueva relación

$$y_{i,cal} = c + dx_i$$

La incertidumbre en los resultados del método candidato (equipo de medición en continuo) por comparación con el método de referencia, u_{CR} :

$$u_{CR}^2(y_{i,cal}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + u^2(a)$$

Donde:

RSS= la suma de los residuos (relativos) de la regresión ortogonal de los datos calibrados

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - c - dx_i)^2$$

$u(x_i)$ = incertidumbre de los resultados del método de referencia

$u(a)$ = la incertidumbre de la ordenada en origen original, el valor que se ha usado para calcular $y_{i,cal}$

3. LA PENDIENTE B DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 1: $|B-1| > 2 \cdot U(B)$, LA ORDENADA EN ORIGEN NO DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 0: $|A| \leq 2 \cdot U(A)$

Función de corrección:

$$y_{i,cal} = \frac{y_i}{b}$$

Los resultados de $y_{i,cal}$ se usan para calcular por regresión lineal ortogonal una nueva relación

$$y_{i,cal} = c + dx_i$$

La incertidumbre en los resultados del método candidato (equipo de medición en continuo) por comparación con el método de referencia, u_{CR} :

$$u_{CR}^2(y_{i,cal}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + x_i^2 \cdot u^2(b)$$

Donde:

RSS= la suma de los residuos (relativos) de la regresión ortogonal de los datos calibrados

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - c - dx_i)^2$$

$u(x_i)$ = incertidumbre de los resultados del método de referencia

$u(b)$ = la incertidumbre de la pendiente original, el valor que se ha usado para calcular $y_{i,cal}$

4. LA PENDIENTE B DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 1: $|B-1| > 2 \cdot U(B)$, LA ORDENADA EN ORIGEN DIFIERE SIGNIFICATIVAMENTE DE 0: $|A| > 2 \cdot U(A)$

Función de corrección:

$$y_{i,cal} = \frac{y_i - a}{b} = \frac{1}{b} y_i - \frac{a}{b}$$

Los resultados de $y_{i,cal}$ se usan para calcular por regresión lineal ortogonal una nueva relación

$$y_{i,cal} = c + dx_i$$

La incertidumbre en los resultados del método candidato (equipo de medición en continuo) por comparación con el método de referencia, u_{CR} :

$$u_{CR}^2(y_{i,cal}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + x_i^2 \cdot u^2(b) + u^2(a)$$

Donde:

RSS= la suma de los residuos (relativos) de la regresión ortogonal de los datos calibrados

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - c - dx_i)^2$$

$u(x_i)$ = incertidumbre de los resultados del método de referencia

$u(b)$ = la incertidumbre de la pendiente original, el valor que se ha usado para calcular $y_{i,cal}$

$u(a)$ = la incertidumbre de la ordenada en origen original, el valor que se ha usado para calcular $y_{i,cal}$

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Calidad del aire. Determinación de la fracción PM₁₀ de la materia particulada en suspensión. Método de referencia y procedimiento de ensayo de campo para demostrar la equivalencia de los métodos de medida al de referencia. UNE-EN 12341:1999
- Calidad del aire ambiente. Método gravimétrico de medida para la determinación de la fracción másica PM_{2,5} de la materia particulada en suspensión. UNE-EN 14907:2006
- Guide to the demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods. Report by an EC Working Group on Guidance for the Demonstration of Equivalence. January 2010
- PM₁₀ measurement methods and correction factors: 2009 status report. ETC/ACM Technical Paper 2011/21.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.