

# SEGUIMIENTO Y NOTIFICACIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>. DISEÑO DE UN PLAN DE MUESTREO PARA REALIZAR EL DESCUENTO DE LA BIOMASA CONTENIDA EN LOS NEUMÁTICOS FUERA DE USO

ARTURO ALARCÓN BARRIO Y  
ROSARIO MARTÍNEZ LEBRUSANT

INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES (IECA)

El objetivo de este documento es presentar un plan para el muestreo de neumáticos fuera de uso (NFUs) que podrá utilizarse, siempre que dicho procedimiento sea compatible con la autorización de emisión, para que cualquier instalación afectada por la Directiva 2003/87/CE se descuenta el CO<sub>2</sub> emitido por la fracción de biomasa de los NFUs cuando se utilicen como combustible alternativo.

## Antecedentes

Como punto de partida, la decisión 2007/589/CE establece que: *A efectos de las presentes directrices, el término «fracción de biomasa» se refiere al porcentaje de masa de carbono procedente de biomasa, respecto a la masa total de carbono en una muestra.*

El procedimiento de muestreo que se propone en este documento determinará la fracción de biomasa en base 1000 respecto a las toneladas de combustible entrante total (NFU). De acuerdo al punto 13 de la Decisión 2007/589/CE, a la fracción de biomasa se le aplicará un factor de emisión de 0 [t CO<sub>2</sub>/TJ].

*El procedimiento específico para determinar la fracción de biomasa de un combustible o material específico, incluido el procedimiento de muestreo, será acordado con la autoridad competente antes del comienzo del período de notificación en el que se aplicará.*

*Los procedimientos aplicados para tomar muestras del combustible o material y para determinar la fracción de biomasa se ajustarán a un método normalizado, de haberlo, que limite el margen de error en el muestreo y la medición y cuya incertidumbre de medición sea conocida. Se utilizarán las normas CEN, de haberlas. Si no hay normas CEN, se aplicarán las normas ISO o las normas*

nacionales adecuadas. Cuando no existan normas aplicables, los procedimientos podrán ajustarse cuando sea posible a los proyectos de normas adecuadas o las directrices sobre mejores prácticas de la industria.

En este contexto, la inexistencia de normas CEN o ISO y la no posible aplicación de las normas actuales sobre el muestreo mecánico de combustibles sólidos a granel (p.ej. serie ISO 13909) hacen que sea necesario diseñar un proceso de muestreo que cumpla las siguientes condiciones:

- *Que limite el margen de error en el muestreo y la medición y cuya incertidumbre de medición sea conocida. Además por el principio de veracidad deberá asegurarse de que el cálculo y la medición de las emisiones presentan la mayor precisión alcanzable. Por lo tanto, el sistema de muestreo deberá incluir un cálculo de la incertidumbre asociada.*
- *Que cumpla el principio de Relación coste/eficacia, de manera que el seguimiento de las emisiones tengan por objeto alcanzar la exactitud más alta que sea posible, a menos que esto sea técnicamente inviable o genere costes irrazonables. Por este motivo, el sistema de muestreo debe incluir un análisis coste-beneficio.*

## Diseño del Plan de Muestreo

Los descuentos de biomasa realizados durante el primer periodo de comercio de derechos de emisión 2005-2007 fueron regulados mediante los documentos "Recomendaciones de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático para la aplicación coordinada del Régimen del Comercio de Derechos de Emisión en España". En el primero de dichos documentos se establecían los principios provisionales para realizar el descuento de biomasa para el periodo de notificación correspondiente al año 2006 y que con carácter general fueron los mismos que para el ejercicio del 2007. La propuesta que se recoge en este artículo utiliza algunos de los principios expuestos en las mencionadas *Recomendaciones* con el objetivo de plantear una metodología de descuento

de CO<sub>2</sub> válida para todo el periodo de comercio de derechos de emisión 2008-2012, actualizable con la periodicidad que se especifique.

Entre estos principios podemos destacar que es necesario:

- Determinar una relación entre neumáticos de vehículos ligeros y pesados y utilizarla para todas las instalaciones con independencia del suministrador o de su situación geográfica.
- Utilizar los resultados del porcentaje de caucho natural procedentes de un análisis termogravimétrico para determinar, a través de un cálculo ponderado, el dato de actividad corregido (descontado).

En cuanto a las estrategias de muestreo generales y teniendo en cuenta que la mayoría de los NFUs que se utilizan como combustible, se suministran de forma triturada a las fábricas de cemento, es posible establecer dos estrategias de muestreo:

1. Muestrear, en la instalación de neumáticos triturados, la mezcla de vehículo ligero y vehículo pesado y utilizar el dato resultante para el descuento. Este será específico de cada instalación y recogerá la variabilidad propia de la planta de proceso de NFUs y de las condiciones locales del mercado.
2. Muestrear en la planta de proceso (o en un lugar equivalente) muestras de NFUs de vehículos ligeros y pesados por separado y determinar una única media ponderada asumiendo que la proporción de ligeros y pesados se mantiene constante para todas las instalaciones. Esta variante incluiría también a las instalaciones que utilizan neumáticos enteros.

Si nos basamos en el citado principio de veracidad, la estrategia de muestreo que seleccionamos deberá tener la incertidumbre más baja posible y desde luego menor que la otra. Sabemos que la incertidumbre de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de NFUs vendrá dada por la aplicación de la ley de propagación de incertidumbres a la siguiente expresión:

$$\text{Emisiones CO}_{2\text{NFUS}} = \text{Datos actividad} * (1 - \% \text{biomasa}) * \text{FE} * \text{FOX} \quad (1)$$

Según esta ley, se ha construido un modelo de simulación por el método de Monte Carlo en una hoja Excel que, justifica la estrategia de muestreo a diseñar.

El modelo de simulación consta de los siguientes elementos:

Se consideran las variables aleatorias  $X_A$  y  $X_C$  que representen respectivamente, la masa en kg de biomasa en una tonelada de NFUs procedente de Automóviles y vehículos ligeros o de NFUs de camiones o vehículos pesados. Se utilizará por tanto la notación vehículos ligeros (subíndice A, automóvil) y vehículos pesados (subíndice C, camión).

$a$  y  $(1-a)$  son la proporción de neumáticos de vehículos ligeros y pesados existentes en España. Además se considerará un factor exógeno aproximadamente igual para todas las instalaciones consumidoras de NFUs.

Se admite que las variables aleatorias  $X_A$  y  $X_C$  se distribuyen normalmente según:

- $X_A \sim N(\mu_A, \sigma_A^2)$  es la distribución de la biomasa (en base 1000kg de NFUs de automóviles).

- $X_C \sim N(\mu_C, \sigma_C^2)$  es la distribución de la biomasa (en base 1000kg de NFUs de camiones).

donde en  $\sigma_A^2$  y  $\sigma_C^2$  se encuentra incluida por hipótesis toda la variabilidad debida a:

- La existencia de diferentes marcas de neumáticos.
- El diferente desgaste entre marcas.
- Las fluctuaciones entre la proporción de vehículos ligeros/pesados debido a condiciones geográficas o a evolución de las ventas por segmentos dentro del Parque móvil Nacional.
- La aplicación del método de análisis.
- Otros.

La variabilidad debida a la existencia de varias marcas en el mercado se reducirá mediante una instrucción de muestreo que incluya una muestra representativa de las principales marcas existentes en el mercado.

El modelo con los datos de biomasa indicados en el documento Recomendaciones ( $X_A=106,2\text{kg}$  y  $X_C=587,5\text{kg}$ ) y un tamaño muestral fijo (20) y una repetición arroja los siguientes valores de incertidumbre relativa expandida (%)

Tabla 1.

		Incertidumbre muestra vehículo ligero	Incertidumbre muestra vehículo pesado	Incertidumbre muestra combinada	Incertidumbre neumático indiferenciado
Estrategia 1	Ciclo 1	15,38%	3,60%		4,29%
	Ciclo 2	13,11%	3,69%		4,03%
	Ciclo 3	11,10%	3,47%		3,62%
	Ciclo 4	11,67%	3,46%		3,61%
	Ciclo 5	14,43%	3,38%		4,11%
Estrategia 2	Ciclo 1			37,96%	
	Ciclo 2			38,94%	
	Ciclo 3			23,74%	
	Ciclo 4			33,18%	
	Ciclo 5			36,48%	

Nota: la incertidumbre relativa expandida de las muestras de coche en el entorno del 12% son reales y han sido extraídas de datos reales de la campaña de muestreo realizadas por Gaiker a los que IECA ha tenido acceso. Seguidamente se considerarán distintos planteamientos para reducir dicha variabilidad.

para las muestras individuales (estrategia 1) y para una hipotética muestra combinada por coche y camión (estrategia 2) para cinco ciclos de simulación (Tabla 1).

Los resultados indican claramente que la incertidumbre de la muestra combinada coche-camión tiene una incertidumbre mucho más alta que la que resulta de muestrear los NFUs de coche y camión separadamente y hacer una muestra ponderada que denominaremos a partir de ahora neumático indiferenciado, a través de los coeficientes de participación en el mercado  $a$  y  $(1-a)$ .

Estos resultados del modelo han sido corroborados por los datos reales obtenidos en las campañas de Gaiker en los que la variabilidad observada para muestras combinadas (coche-camión) eran de 15,76 kg frente a 2,80 kg de camión y 3,01 kg de automóvil medida en términos de desviación típica.

Las simulaciones indican también que la media de la biomasa a descontar del neumático indiferenciado ( $X_{ind}$ ) convergen muy exactamente con la biomasa calculada en el documento Recomendaciones por lo que la bondad del modelo respecto a las medias muestrales es óptima (Tabla 2).

**Tabla 2.**

	Media muestral $X_{ind}$	Dato documento Recomendaciones
Ciclo 1	30,55	29,87%
Ciclo 2	30,09	
Ciclo 3	29,86	
Ciclo 4	29,96	
Ciclo 5	29,43	

Los resultados respecto a la incertidumbre expandida relativa de la muestra compuesta vehículo ligero-pesado indican que es aconsejable realizar el muestreo separadamente, de manera que:

- Se realice sobre neumáticos en los que sea identificable su procedencia (automóvil/camión).

- Con objetivo de minimizar la variabilidad introducida por la existencia de varias marcas en el mercado, deberá poderse reconocer la marca para tomar, hasta el tamaño muestral necesario, las cuatro marcas representativas del mercado.

Esto implica realizar el muestreo en un estadio superior al de la instalación consumidora de neumáticos, es decir, la planta de procesado antes de la trituración.

Como no existen métodos normalizados para la determinación analítica del caucho natural en NFUs, parece razonable tratar de reducir la variabilidad introducida por la aplicación del método de ensayo estableciendo en el modelo de muestreo un número variable de repeticiones de la determinación sobre cada una de las muestras de neumático usado, para tratar de optimizar dicho número.

Es decir, el modelo de muestreo deberá además definir cuántas muestras de camión y automóvil se tomarán y cuántas determinaciones deberán realizarse sobre cada una de estas muestras.

Este estudio se ha realizado construyendo un segundo modelo en una hoja Excel en la que se ha partido de las siguientes hipótesis:

- Se consideran ahora las mismas variables aleatorias  $X_A \sim N(\mu_A, \sigma_A^2)$  y  $X_C \sim N(\mu_C, \sigma_C^2)$  donde tanto  $\sigma_A^2$  como  $\sigma_C^2$  pueden descomponerse mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_A^2 = \sigma_{AO}^2 + \sigma_r^2 \text{ y donde,}$$

- $\sigma_{AO}^2$  recoge la variabilidad debida a todas las fuentes de dispersión excepto la atribuible al ensayo.
- $\sigma_r^2$  o varianza de la repetibilidad, vinculada al tipo de determinación (es decir, al tipo de ensayo) que se realice.

En este modelo, tal y como hemos anticipado, trataremos de minimizar la variabilidad introducida por el análisis mediante la realización de repeticiones. Tendremos por tanto tres variables:

- Los tamaños muestrales  $n_A$  y  $n_C$ , número de muestras de camión y automóvil a tomar en la planta de proceso.
- El número de determinaciones a realizar a cada una de las muestras así tomadas o número de repeticiones  $n_E$ .
- Los costes variables del ensayo determinados por la expresión  $C_{\text{ensayo}} = C(n_A + n_C) * n_E$  siendo  $C$  el coste unitario de cada determinación.

La simulación en este caso resolverá:

Minimizar  $C_{\text{ensayo}}$

Sujeto a Probabilidad

$$\{a^2 * (s^2/n_A) + (1-a) * (s^2/n_C) \leq u_{\text{max}}^2\} = 1 - \alpha \quad (2)$$

Es decir, se trata de averiguar qué relación de tamaños muestrales/número de repeticiones asegura, con una probabilidad mayor del 95%, que dicho método de muestreo cumple la incertidumbre requerida.

El modelo parte de la base de que la incertidumbre del dato de actividad en la expresión (1) está limitada por el nivel de planteamiento correspondiente (ésta es precisamente la incertidumbre requerida).

Se ha considerado el dato de actividad como  $DA = D_{\text{bascula}} * (1 - X_{\text{ind}}/1000)$  donde tienen que considerarse separadamente la incertidumbre de la báscula y la incertidumbre aportada por el descuento, esto es  $u_{\text{ind}}$  (incertidumbre del cálculo de la biomasa del neumático indiferenciado).

Dado que históricamente los NFUs han sido fuentes de minimis o secundarias y teniendo en cuenta que no se des-



carta que los niveles de sustitución durante el segundo periodo de comercio puedan provocar que los NFUs lleguen a considerarse como flujos de fuentes principales, debemos aplicar, de acuerdo con el punto 5.2 de la Decisión 2007/589/CE un nivel de planteamiento de nivel 3 cuya incertidumbre para el dato de actividad es del 2,5%.

Se han introducido en el modelo valores de  $\sigma_A^2$  y  $\sigma_C^2$  extraídos de los valores reales de las campañas de Gaiker que suponen coeficientes de variación del 5% para camiones y hasta del 30% para automóviles.

El modelo ha funcionado asimismo con la valores de  $u_{\text{bascula}}$  típicos de una báscula puente de última generación en el entorno de 12 kg.

Tabla 3.

	Relación de tamaños muestrales y repeticiones	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
UDA=2,5%	$n_A$	11	10	12	12
	$n_C$	11	10	12	12
	$n_E$	1	1	3	1
Probabilidad de cumplimiento		95,4%	90,2%	98,9%	98,10%

Nota: en la figura puede observarse otro resultado de la simulación con tamaños muestrales distintos.

Figura 1.- Imagen del modelo construido. Vista del modelo de simulación.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Automovil	Camion	Indiferenciado								
2	Media muestral ( $\mu_A, \mu_C, \mu_{ind}$ )	106,2	587,5	298,72			Propagación de la incertidumbre en los datos de actividad					
3	Contribución mercado ( $a, (1-a)$ )	0,6	0,4									
4							Xind	298,72		CO <sub>2</sub> NFUs=DA*FE*VCN*FOX		
5	Automovil (A); Camion (C)						Xind/1000	0,30		DA=D <sub>bas</sub> (1-Xind/1000)		
6	Desviación propia ( $\sigma_{A0}$ )	30,0					FE	83,67				
7	Desviación propia ( $\sigma_{C0}$ )	30,0					FOX	1,00				
8	Desviación repet.ensayo ( $\sigma_r$ )	10,00					VCN	0,03				
9							D <sub>bascula</sub>	9468,00				
10	U <sup>2</sup> <sub>max</sub>	76,84										
11		caso 1	caso 2	caso 3	caso 4		U <sub>xind</sub>	7,60				
12	Tamaño muestral (n <sub>A</sub> )	9	9	10	12		V <sub>xind</sub>	0,03				
13	Tamaño muestral (n <sub>C</sub> )	9	9	10	12							
14	Tamaño réplicas (n <sub>E</sub> )	1	3	3	1		FE	83,67	tCO <sub>2</sub> /TJ			
15	Coficiente variación poblacional (A)	29,8	28,8	28,8	29,8		VCN	0,026268	TJ/t			
16	Coficiente variación poblacional (C)	5,4	5,2	5,2	5,4		D <sub>bascula</sub>	9468	t			
17	Coste muestreo b =	100,0					U <sub>bascula</sub>	0,012	t			
18	Coste ensayo c =	200,0					V <sub>bascula</sub>	1,26743E-06				
19												
20	RESTRICCIÓN ESTOCÁSTICA U <sup>2</sup> <sub>y</sub>	67,42	140,55	21,01	48,40		DA	6639,72	t			
21		53,38	44,11	68,06	49,63		D <sub>bas</sub>	1,00				
22		39,38	63,44	33,17	38,64		D <sub>xind</sub>	-0,43				
23		51,36	42,95	47,93	37,29							
24		48,32	89,89	56,04	54,35		V <sub>DA</sub>	0,0125				
25		77,28	98,31	50,06	33,89		U <sub>DA</sub>	82,996488				
26		39,22	46,27	36,75	40,01		U <sub>DA</sub> expandida	2,5				
27		41,99	38,64	47,02	24,68							
28		40,60	50,12	47,73	46,82		V <sup>2</sup> <sub>xind</sub>	0,000851				
29		52,37	20,65	59,90	41,01		U <sup>2</sup> <sub>xind=U<sup>2</sup><sub>max</sub></sub>	76,842755				
30		35,92	44,10	25,45	64,66							
10015		55,63	103,19	75,24	38,88							
10016		26,44	52,64	33,85	39,85							
10017		47,89	39,72	42,12	43,79							
10018		58,63	32,27	30,66	35,22							
10019		55,03	72,47	35,76	38,79							
10020												
10021	Probabilidad (U <sup>2</sup> <sub>y</sub> < U <sup>2</sup> <sub>max</sub> )*100	82,300	86,900	93,700	97,800							
10022	Coste variable	5400,0	12600,0	14000,0	7200,0							
10023	Valores medios de U <sup>2</sup> <sub>y</sub>	57,69	53,79	48,44	43,32							
10024												
10025												
10026												
10027												
10028												
10029												

(\*) Nota: otra expresión de la restricción (1) en la que aparece explícita la variable nE es la siguiente:

$$\text{Probabilidad } \{a^2*(n_E \sigma_{A0}^2 + \sigma_{r1}^2/n_E n_{A(nA-1)}) \chi_{nA-1}^2 + (1-a)^2*(n_E \sigma_{C0}^2 + \sigma_{r1}^2/n_E n_{C(nC-1)}) \chi_{nC-1}^2 \leq U_{max}^2\} = 1-\alpha$$

El proceso de simulación es el siguiente: se introduce como dato (en la imagen celdas con fondo amarillo) la incertidumbre máxima U<sub>DA</sub> proporcionada por el nivel de planteamiento correspondiente. Al mismo tiempo se consideran cuatro casos referidos a distintas relaciones tamaños muestrales/repeticiones (celdas con fondo marrón) para los que el proceso de simulación determina las probabilidades de que la u<sub>max</sub> X<sub>ind</sub> sea menor que la del nivel de planteamiento (celdas con fondo verde) (Figura 1).

Los resultados más importantes se presentan de forma resumida en la Tabla 3.

De los resultados obtenidos, puede concluirse que:

- El número de determinaciones n<sub>E</sub>, lo que hemos denominado repeticiones, no tiene gran influencia en la probabilidad de cumplimiento y crece en sentido contrario al de los costes variables. Es decir, la probabilidad de que cumplamos el nivel de planteamiento con más de una repetición aumenta el intervalo de confianza en 0,8 décimas porcentuales, mientras que los costes variables se multiplican por 2,33. De acuerdo al principio de relación coste-eficacia hemos de descartar la posibilidad de hacer repeticiones.

- El aumento en el número de muestras hace bajar la incertidumbre típica del neumático indiferenciado y por tanto aumenta gradualmente la probabilidad de cumplimiento del nivel de planteamiento exigido.
- A partir de un tamaño muestral de 11 muestras alcanzaríamos una confianza del 95,4% de cumplir con el nivel de planteamiento exigido.

## Conclusiones

El procedimiento de muestreo que se propone después del análisis realizado es el siguiente:

- Se tomarán 12 muestras de neumáticos de vehículos ligeros y 12 de vehículos pesados.
- La toma de muestras se realizará sobre neumáticos identificables tanto en su naturaleza (ligero/pesado) como de su marca.
- Se tomarán en ambos casos las cuatro marcas representativas del mercado.
- La información sobre cuota de mercado y proporción  $a/(1-a)$  se obtendrá de registros públicos en el primer caso y de registros oficiales en el segundo (anuario estadístico del Ministerio del Interior y Planes de Gestión de residuos de la CCAA correspondiente) de acuerdo con la Autorización de emisión de la Instalación.
- Para conseguir el tamaño muestral necesario para el análisis podrán triturarse separadamente los neumáticos de cada clase previamente identificados y realizar los cuarteos necesarios para obtener una muestra homogénea.
- Se realizará la determinación del % de caucho natural por termogravimetría en un laboratorio de reconocido prestigio.

- El resultado de la biomasa a descontar será común en todas las instalaciones a través del concepto de neumático indiferenciado y se obtendrá mediante la ponderación de las medias muestrales en relación a las proporciones  $a$  y  $(1-a)$ .
- El valor de FE y VCN se obtendrá de acuerdo a lo descrito en el documento Recomendaciones. Se aconseja que la periodicidad para obtener el VCN sea la misma que para la propuesta para la realización de estas campañas.
- El cálculo del  $\text{CO}_2$  de la fracción fósil de los NFUs se obtendrá aplicando la expresión (1).

La expresión (2) nos determina la probabilidad de que las contribuciones a la incertidumbre del plan de muestreo de coche y camión sean menores a la incertidumbre requerida con un nivel de confianza de al menos el 95%. Esto ha sido confirmado por el modelo de simulación presentado y por tanto se demuestra que los requisitos de incertidumbre respecto a los datos de actividad se cumplen con un alto grado de certeza, lo que implica que las instalaciones que apliquen dicho muestreo no tendrían por qué demostrar ningún requisito adicional respecto al cumplimiento de la incertidumbre requerida.

Se propone que las campañas se realicen cada dos años. Dicha periodicidad debe revisarse en función de dos condiciones:

- Una estimación más precisa de  $\sigma_r^2$  (o varianza de la repetibilidad) por parte del laboratorio encargado del análisis. Ésta es precisamente una de las variables de las que no se conocen datos reales y sobre la que ha habido que realizar una hipótesis por analogía con ensayos físicos similares.
- La evolución de la relación  $a$  y  $(1-a)$ , prestando atención a la evolución del parque móvil que pueda introducir variabilidades no previstas en el modelo y que afecten negativamente al coeficiente de variación de la variable  $X_A$ .



- Decisión de la Comisión de 29 de enero de 2004 por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Decisión de la Comisión de 18 de julio de 2007 por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de conformidad con la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Oficina Española del Cambio Climático. Recomendaciones de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático para la aplicación coordinada del Régimen del Comercio de Derechos de Emisión en España.
- Juan Carlos López Agüí. Apuntes. Determinación de la biomasa utilizada por la industria cementera a través del uso de neumáticos. 2008.
- Juan Carlos López Agüí. Apuntes. Calculo de la biomasa descontable. 2008.
- Juan Carlos López Agüí. Guía básica para la simulación de Monte Carlo. AENOR Ediciones. 2008
- Juan Carlos López Agüí. Apuntes. Ley de propagación de errores e incertidumbres. 2006.

## Fe de erratas

En las conclusiones del artículo "Formación, emisión y control de dioxinas en hornos de cemento" escrito por Kare H. Karstensen y publicado en el nº 919 de la Revista Cemento Hormigón del mes de octubre de 2008 dice:

*"Los resultados indican generalmente que la mayoría de los hornos de cemento pueden ser responsables hoy de un nivel de emisiones de 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>"*

Y debería decir:

**Los resultados indican generalmente que la mayoría de los hornos de cemento pueden cumplir hoy con un nivel de emisiones de 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>**

Según corresponde a la traducción de la versión original en inglés del citado artículo: *"The data generally indicates that most modern cement kilns today can meet an emission level of 0.1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup>".*