



**INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS
AMBIENTALES**
Subdirección de Estudios Ambientales

**MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES EN
FUENTES FIJAS**

**MÉTODO 1 — DETERMINACIÓN DEL PUNTO Y VELOCIDAD DE MUESTREO PARA
FUENTES ESTACIONARIAS.**

VERSIÓN No. 1.0

Fecha: Febrero de 2011

CORRESPONDENCIA: Este método es equivalente al Código Federal de Regulación (Code Federal of Regulations) CFR 40 parte 60 ANEXO A de los Estados Unidos de América.

Preparó: Mario F. Guerrero- IDEAM
Revisó: Carlos Rodríguez - IDEAM
Aprobó: Margarita Gutiérrez - IDEAM

CONTENIDO

1. ALCANCE Y APLICACIÓN	3
2. RESUMEN DEL MÉTODO	3
3. DEFINICIONES. [RESERVADO]	3
4. INTERFERENCIAS. [RESERVADO].....	3
5. SEGURIDAD.	3
6. EQUIPO Y SUMINISTROS.	4
7. REACTIVOS Y NORMAS. [RESERVADO]	4
8. COLECCIÓN DE LA MUESTRA, PRESERVACIÓN, EL ALMACENAMIENTO, Y TRANSPORTE. [RESERVADO]	4
9. CONTROL DE CALIDAD. [RESERVADO].....	4
10. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN. [RESERVADO]	4
11. PROCEDIMIENTO	4
12. ANÁLISIS DE DATOS Y CÁLCULOS.....	8
13. MEJORAMIENTO DEL MÉTODO [RESERVADO].....	9
14. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN [RESERVADO].....	9
15. MANEJO DE RESIDUOS [RESERVADO]	9
16. REFERENCIAS.....	9
17. TABLAS, DIAGRAMAS, CARTAS DE FLUJO, Y VALIDACIÓN DE DATOS.	10

Nota: Este método no incluye la totalidad de las especificaciones (por ejemplo, equipo y suministros) y los procedimientos (por ejemplo, muestreo y análisis) esenciales para su desempeño. Algunos materiales son incorporados por referencia de otros métodos en este código. Por lo tanto, para obtener datos resultados confiables, las personas que utilizan este método deben tener un amplio conocimiento de al menos los siguientes métodos de ensayo adicionales: Método 2.

1. ALCANCE Y APLICACIÓN

1.1 **Parámetros de medición.** El propósito de este método es suministrar una guía para la selección de los puertos de muestreo y los puntos transversales en los cuales se debe realizar el muestreo de los contaminantes, para verificar el cumplimiento con la normatividad vigente. Se presentan dos procedimientos: uno de ellos simplificado y otro alternativo (ver sección 11.5). La magnitud del flujo ciclónico del gas en la chimenea o ducto es el único parámetro medido cuantitativamente en el procedimiento simplificado.

1.2 **Aplicabilidad.** Este método es aplicable a corrientes de gas en ductos, chimeneas y tuberías. El método no puede ser usado cuando: (1) el flujo es ciclónico o turbulento; o (2) el diámetro de la chimenea es menor a 0.30 m (12 in) o 0.071 m² (113 in²) de área transversal. El procedimiento simplificado no puede ser usado cuando el sitio de medición está ubicado a una distancia menor de dos veces el diámetro de chimenea después de la última perturbación o a menos de medio diámetro del punto de salida de los gases.

1.3 **Objetivos de Calidad de datos.** El cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente método garantizará la calidad de los datos obtenidos en los métodos de medición de contaminantes atmosféricos.

NOTA: Los requerimientos para este método deben ser considerados antes de la construcción de una nueva instalación, dado que las emisiones serán medidas y cualquier error, podría requerir alteraciones posteriores de la chimenea o variaciones en el procedimiento estándar. Los casos que requieran variaciones estarán sujetos a la aprobación de la Autoridad Ambiental.

2. RESUMEN DEL MÉTODO

2.1 Este método está diseñado para permitir la medición representativa de emisiones contaminantes y /o velocidades de flujo volumétrico de fuentes estacionarias. Un sitio de medición donde la corriente de salida esta fluyendo en una dirección conocida seleccionada, y la sección transversal de la chimenea está dividida en un número de áreas iguales. Los puntos transversales se localizan dentro de cada una de estas áreas iguales.

3. DEFINICIONES. [RESERVADO]

4. INTERFERENCIAS. [RESERVADO]

5. SEGURIDAD.

5.1 **Cláusula de exención de responsabilidad.** Este método puede involucrar materiales peligrosos, operaciones y equipo. Este método de ensayo no abordar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer apropiadas prácticas de seguridad y

salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias primero para realizar este método de ensayo.

6. EQUIPO Y SUMINISTROS.

6.1 **Aparatos.** Los aparatos descritos a continuación sólo se requieren cuando se utiliza el procedimiento de selección alternativo descrito en Sección 11.5 de este método.

6.1.1 Sonda Direccional: Cualquier sonda direccional, tal como las sondas con sensor tipo tridimensional direccional Tipo DA United Sensor, con capacidad de medición del ángulo de desviación y de inclinación de las corrientes de gas, es aceptable. Antes de utilizar la sonda se debe asignar un número de identificación a la sonda direccional y marcarla permanentemente (colocando el número en el cuerpo de la sonda). Los agujeros de presión de la sonda direccional son susceptibles de taparse cuando esta es usada en flujos cargados de material particulado, en el caso que esto suceda los agujeros deben ser limpiados por retropurga mediante el uso de aire presurizado.

6.1.2 Medidor de Presión Diferencial: Manómetros inclinados, manómetros tipo "U", u otro tipo de medidor de diferencial de presión (por ejemplo manómetros magnehelic), que reúnan las especificaciones descritas en el Método 2, Sección 6.2.

NOTA: Si el medidor de presión diferencial muestra lecturas tanto negativas como positivas, las presiones que se registren en esos puntos, deberán ser calibradas como mínimo en tres puntos tal y como se especifica en el Método 2, Sección 6.2.

7. REACTIVOS Y NORMAS. [RESERVADO]

8. COLECCIÓN DE LA MUESTRA, PRESERVACIÓN, EL ALMACENAMIENTO, Y TRANSPORTE. [RESERVADO]

9. CONTROL DE CALIDAD. [RESERVADO]

10. CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN. [RESERVADO]

11. PROCEDIMIENTO

11.1 Selección del sitio de medición.

11.1.1 La medición de velocidad o el muestreo se debe realizar en un sitio localizado al menos a ocho diámetros después de la última perturbación en contracorriente o dos diámetros antes de cualquier perturbación en el mismo sentido del flujo. Dichas perturbaciones pueden ser un codo, una expansión o una contracción en la chimenea, o de una llama visible. Si es necesario, una localización alternativa puede ser seleccionada, en un sitio cuando menos, mayor o igual a dos diámetros equivalentes corriente abajo o mayor o igual a medio diámetros equivalentes corriente arriba de cualquier perturbación del flujo.

11.1.2 Un procedimiento alternativo está disponible para la determinación de la aceptabilidad de una localización que no reúna los criterios anteriores. Este procedimiento descrito en la sección 11.5 permite para la determinación del ángulo de flujo del gas en los puntos de muestreo, comparar los resultados de la medición con los criterios de aceptabilidad

11.2 **Determinación de números de puntos transversales.**

11.2.1 **Puntos Transversales para Muestreo de Material Particulado.**

11.2.1.1 Cuando los criterios de ocho y dos diámetros se cumplen, el mínimo número de puntos transversales deberá ser: (1) doce, para chimeneas circulares o rectangulares con diámetros (o diámetros equivalentes) mayores a 61 cm (24 pulgadas); (2) ocho, para chimeneas circulares con diámetros entre 30 y 61 cm (12 y 24 pulgadas); y (3) nueve, para chimeneas rectangulares con diámetros equivalentes entre 30 y 61 cm (12 y 24 pulgadas).

11.2.1.2 Cuando no se cumple con los criterios de ocho y dos diámetros, el número mínimo de puntos transversales se determina mediante el uso de la Figura 1.1. Sin embargo, antes de remitirse a la figura, se debe determinar la distancia del sitio de muestreo a las perturbaciones corriente arriba y corriente abajo más cercanas y dividir cada distancia por el diámetro o diámetro equivalente de la chimenea, para determinar la distancia en términos del número de diámetros de la chimenea. Luego, determine de la Figura 1.1 el mínimo número de puntos transversales que corresponde a: (1) el número de diámetros corriente arriba, y (2) el número de diámetros corriente abajo. Se selecciona el mayor de los dos números mínimos de los puntos transversales o mayor valor, de manera que para chimeneas circulares el número sea múltiplo de cuatro y para chimeneas rectangulares, el número sea uno de los que se muestra en la Tabla 1.1.

11.2.2. **Puntos Transversales de Velocidad (Sin Partículas).** Cuando es necesario establecer el promedio de velocidad o de flujo volumétrico (pero no material particulado) se sigue el mismo procedimiento que para los puntos transversales con partículas (Sección 11.2.1), excepto que la Figura 1-2 debe ser usada en lugar de la Figura 1-1.

11.3 **Locación y Disposición de los Puntos Transversales de la Sección Representativa.**

11.3.1 **Chimeneas Circulares.**

11.3.1.1 Localice los puntos transversales sobre dos diámetros perpendiculares de acuerdo con la Tabla 1-2 y el ejemplo que se muestra en la Figura 1-3. En lugar de la Tabla 1-2, se puede usar cualquier ecuación que de como resultado los mismos valores que se muestran en dicha tabla. (ver ejemplos, en las referencias 2 y 3 en la sección 16).

11.3.1.2 En los puntos transversales para el muestreo de partículas, uno de los diámetros debe coincidir con el plano que contenga la mayor variación de concentración esperada (por ejemplo, después de dobleces); uno de los diámetros debe ser congruente con la dirección del doblez. Este requerimiento se vuelve menos crítico a medida que se aumenta la distancia de la alteración; por lo tanto, se pueden usar otros diámetros de locaciones, sujetos a la aprobación de la Autoridad Ambiental.

11.3.1.3 Además, para chimeneas elípticas que tienen los diámetros perpendiculares desiguales, los puntos transversales podrá ser calculados y localizando a lo largo de cada diámetro, por separado. Para determinar el área transversal de la chimenea elíptica, use la siguiente ecuación:

$$\text{Área cuadrada} = D1 \times D2 \times 0.7854$$

Donde: D1 = diámetro de chimenea 1

D2 = diámetro de chimenea 2

11.3.1.4 Adicionalmente, para chimeneas con diámetros superiores a 61 cm (24 pulgadas), no se deben ubicar puntos transversales a menos de 2,5 cm (1 pulgada) de la pared interna de la chimenea; y para chimeneas con diámetros iguales o menores a 61 cm (24 pulgadas) no se deben ubicar puntos a menos de 1,3 cm (0.5 pulgadas) de la pared interna de la chimenea. Para reunir estos criterios observe los requerimientos dados seguidamente.

11.3.2 Chimeneas con Diámetro Mayores a 0,61 m (24 pulgadas)

11.3.2.1 Cuando alguno o algunos de los puntos transversales ubicados como se indica en la Sección 11.3.1., caen dentro de los 2,5 cm (1 in) de la pared interna de la chimenea, se deben reubicar lejos de la pared de la chimenea, así: (1) a una distancia de 2,5 cm (1,0 in.); o (2) a una distancia igual al diámetro interior de la boquilla, en caso de ser más grande. Estos puntos transversales reubicados (en cada extremo de un diámetro) deben ser los puntos transversales “ajustados”.

11.3.2.2 Cuando dos puntos transversales sucesivos se combinen para formar un solo punto transversal ajustado, se debe tratar el punto ajustado como dos puntos transversales separados, dentro del procedimiento de muestreo y/o medición de velocidad, y en el registro de los datos.

11.3.3 **Chimenea con Diámetros Igual o Menor a 0.61m (24 in.)** Se sigue el procedimiento de la sección 11.3.1.1, teniendo en cuenta solamente que cualquier punto “ajustado” debe ser reubicado lejos de las paredes del cañón: (1) a una distancia 1.3 cm (0.50 in.); o (2) a una distancia igual al diámetro interior de la boquilla, en caso de ser más grande.

11.3.4 Chimeneas Rectangulares.

11.3.4.1 Determinar el número de puntos transversales como se explicó en las Secciones 11.1 y 11.2 de este método. Con base en la Tabla 1-1, se determina la configuración de la rejilla. Se divide la sección transversal de la chimenea en tantas áreas elementales rectangulares iguales como puntos transversales haya, y luego se ubica un punto transversal en el centroide de masa de cada una de estas área iguales, de acuerdo con el ejemplo en la Figura 1-4.

11.3.4.2 Si el muestreador decide usar más del número mínimo de puntos transversales, se expande la matriz del “número mínimo de puntos transversales” (ver Tabla 1-1) añadiendo los puntos transversales extra a lo largo de una o la otra, o ambas columnas de la matriz; la matriz final no necesita ser balanceada. Por ejemplo, si una matriz 4x3 de “mínimo número de puntos” se expandiera a 36 puntos, la matriz final podría ser 9x4 o 12x3, y no tendría que ser necesariamente 6x6. Después de construir la matriz final, se divide la sección representativa del ducto de la chimenea en tantas áreas elementales regulares iguales como puntos transversales haya, y se ubica un punto transversal en el centroide de masa de cada área igual.

11.3.4.3 Se supone que el caso de puntos transversales demasiado cerca de las paredes de la chimenea no se debe presentar con ductos rectangulares. Si este problema llegase a aparecer, se debe contactar a la Autoridad Ambiental para resolver el problema.

11.4 Verificación de Ausencia de Fluido Ciclónico.

11.4.1 En la mayoría de las fuentes estacionarias, la dirección de la corriente de gas de la chimenea es básicamente paralela a las paredes de éstas. Sin embargo, el fluido ciclónico puede presentarse (1) después de mecanismos como ciclones y deshumificadores inerciales seguidos de lavadores de gases tipo Venturi, o (2) en las chimeneas que tienen accesos tangenciales u otras configuraciones el ducto, las cuales tienden a inducir giros; en estas circunstancias, se debe determinar la presencia o ausencia de fluido ciclónico en la locación del muestreo. Las siguientes técnicas son aceptables para esta determinación.

11.4.2 Se nivela y se pone en cero el manómetro. Se conecta un tubo de Pitot Tipo S al manómetro y se realiza prueba de fugas del sistema. Se ubica el tubo de Pitot Tipo S en cada uno de los puntos transversales, de manera sucesiva hasta que los planos de las aperturas de la cara del tubo de Pitot estén perpendiculares al plano de la sección transversal de la chimenea; cuando el tubo de Pitot Tipo S, en esta posición esté en “referencia 0°”, se anota la lectura de la caída de presión (Δp) en cada punto transversal. Si se obtiene una lectura de Pitot nula (cero) en la referencia 0°, en un punto transversal dado, entonces, una condición de flujo aceptable existe en ese punto. Si la lectura de Pitot no es cero en referencia 0°, se rota el tubo de Pitot (hasta $\pm 90^\circ$ de ángulo de desviación) hasta obtener una

lectura nula. Cuidadosamente, se determina y registra el valor del ángulo de rotación (α) para el grado más cercano. Después de aplicar la técnica de lectura nula en cada uno de los puntos transversales, se calcula el promedio de valores absolutos de α , se asigna a α el valor de 0° para los puntos que no fue necesaria la rotación, y se incluyen en el promedio total. Si el valor promedio de α es mayor que 20° , la condición total de flujo en la chimenea no es aceptable y se debe usar una metodología alternativa, sujeta a la aprobación de la Autoridad Ambiental, para establecer los puntos transversales exactos de velocidad y muestreo.

11.5 Un procedimiento para la selección del sitio alternativo puede ser usado para determinar el ángulo de rotación en lugar del procedimiento descrito en la sección 11.4.

11.5.1 Procedimiento de Selección del sitio de Medición Alternativo. Esta alternativa puede usarse para fuentes donde el sitio de medición se encuentra a menos de 2 diámetros equivalentes de ducto o de chimenea corriente abajo o menos de $\frac{1}{2}$ diámetro de ducto corriente arriba de una alteración del flujo. La alternativa debe limitarse a ductos con más de 24 pulgadas de diámetro donde los efectos de pared y bloqueo son mínimos. Para medir los ángulos de inclinación y de desviación de la corriente de gases en 40 o más puntos transversales, se utiliza una sonda de medición de flujo direccional; el ángulo resultante se calcula y se compara con criterios aceptables para desviación media y estándar.

NOTA: Tanto el ángulo de inclinación como el de desviación se miden a partir de una línea que pasa a través del punto transversal y paralela al eje de la chimenea. El ángulo de inclinación es el ángulo del componente de la corriente de gas en el plano que INCLUYE la línea transversal y es paralela al eje de la chimenea. El ángulo de desviación es el ángulo del componente de la corriente de gas en el plano PERPENDICULAR a la línea transversal en el punto transversal, y se mide a partir de la línea que pasa por el punto transversal y paralela al eje de la chimenea.

11.5.2 Puntos Transversales. Se usa un mínimo de 40 puntos transversales para ductos circulares y 42 puntos para ductos rectangulares para determinar los ángulos de la corriente de gas. Para la localización y disposición de los puntos transversales, se sigue el procedimiento descrito en la sección 11.3 y las Tablas 1-1 ó 1-2. Si se determina que el campo de medición es aceptable de acuerdo con el criterio en éste procedimiento alternativo, se usa el mismo número de puntos transversales y de localizaciones para la medición de la velocidad y muestreo.

11.5.3 Se prepara la sonda direccional y los medidores de presión diferenciales (caída de presión) de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Se pueden usar tubos capilares o tabiques para regular las fluctuaciones de presión. Se recomienda aunque no es absolutamente necesario que se realice una pre-prueba para chequear alguna fuga o escape. Para llevar a cabo la prueba de fugas, se presuriza o se aplica succión en la abertura del impacto hasta que se registre una lectura mínima de 7,6 cm (3 in.) de H_2O en los medidores de presión diferencial, luego tape la apertura de impacto. La presión de un sistema sin escapes permanecerá estable por lo menos durante 15 segundos.

11.5.3.1 Nivele y lleve a ceros los manómetros. Dado que el manómetro nivelado y en posición cero puede salirse del cero debido a las vibraciones y a los cambios de temperatura, se debe chequear periódicamente el nivel y la posición cero entre los puntos transversales.

11.5.3.2 Se ubica la sonda en las localizaciones apropiadas en la corriente de gases, y se rota hasta que se indique una deflexión cero para la caída de presión del ángulo de desviación. Se determina y se registra el ángulo de desviación. Se registran las lecturas de la caída de presión para el ángulo de inclinación, y se determina el ángulo de inclinación a partir de la curva de calibración. Se Repite este procedimiento para cada punto transversal. Se realiza una retropurga de líneas de presión y de aperturas de impacto antes de las mediciones de cada punto transversal.

11.5.3.3 Se requiere un chequeo post-prueba como se describe en la sección 11.5.3.1., si no se cumple el criterio del sistema de libre de fugas, reparar el equipo y repetir la medición de los ángulos de flujo.

11.5.4 Calibración. Se usa un sistema de flujo como el descrito en las secciones 10.1.2.1 y 10.1.2.2 del método 2. Además, el sistema de flujo debe tener la capacidad de generar dos velocidades de prueba en la sección: una entre 365 y 730 m/min. (1.200-2.400 ft/min.) y otra entre 730 y 1.100 m/min. (2.400 -3.600 ft/min.).

11.5.4.1 Se hacen dos cortes para los puertos de entrada en la sección de prueba. Los ejes de los puertos de entrada deben ser perpendiculares entre sí e interceptar el centroide de la sección de prueba. Los puertos deben ser ranuras paralelas al eje de la sección de prueba y lo suficientemente largos para permitir la medición de los ángulos de inclinación mientras se mantiene la posición de la cabeza del tubo de Pitot en el centroide. Para facilitar la alineación de la sonda direccional durante la calibración, la sección de prueba debe ser construida en Plexiglas o en algún otro material transparente. Todas las mediciones de calibración se deben efectuar en el mismo punto de la sección de prueba, preferiblemente en el centroide de ésta.

11.5.4.2 Para asegurar que la corriente de gas este paralela al eje central de la sección de prueba, se sigue el procedimiento descrito en la Sección 11.4 para la determinación de flujo ciclónico y medición de los ángulos de corriente de gas en el centroide de la sección de prueba a partir de dos puertos de prueba localizados a 90° de distancia. El ángulo de la corriente de gas medido en cada puerto debe ser $\pm 2^\circ$ de 0°. Si es necesario, para cumplir con este criterio se debe instalar veletas de enderezamiento.

11.5.4.3 Calibración del Angulo de Inclinación. Se efectúa una calibración transversal de acuerdo con el protocolo recomendado por el fabricante con incrementos de 5° para ángulos entre -60° y +60° a una velocidad en cada uno de dos rangos especificados anteriormente. Se calcula el promedio de los valores del radio de presión obtenidos para cada ángulo en los dos rangos de flujo y se traza una curva de calibración con los valores promedio del radio de presión (u otro factor de medición apropiado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante) versus el ángulo de inclinación. Se dibuja una línea suave a través de los puntos de los datos. Se grafican también los valores de los datos para cada punto transversal. Se determina las diferencias entre los valores de los datos medidos y el ángulo de la curva de calibración en el mismo radio de presión. La diferencia en cada comparación debe estar entre 2°, para ángulos entre 0° y 40°, y 3° para ángulos entre 40° y 60°.

11.5.4.4 Calibración de ángulo de desviación. Se marca la sonda tridimensional para determinar la posición de desviación de la sonda. Generalmente se hace con una línea que se extiende a lo largo de la sonda y se alinea con la apertura de impacto. Para determinar la exactitud de las mediciones del ángulo de desviación, solamente es necesario calibrar la posición de nulo o cero, como se explica a continuación: Se coloca la sonda direccional en la sección de prueba, y se rota hasta encontrar la posición cero. Usando un transportador u otro mecanismo para la medición de ángulos, se mide el ángulo que muestra el ángulo de desviación que se encuentra en la sonda tridimensional. Éste debería estar dentro de 2° de 0°. Repita estas mediciones para algunos otros puntos a lo largo de la longitud del tupo pitot donde pueda ser medido el ángulo de desviación con el objeto de determinar para las variaciones en las marcas del pitot usadas las posiciones de la cabeza del pitot indicadas.

12. ANÁLISIS DE DATOS Y CÁLCULOS.

12.1 Nomenclatura.

L = Longitud.

n = Número total de puntos transversales.

Pi = Ángulo de inclinación en punto transversal i, grados.

Rprom = Promedio del ángulo resultante, grados.

Ri = Angulo resultante en el punto transversal, grados.

Sd = Desviación Estándar, grados.

W = Ancho.

Yi = Angulo de desviación del punto transversal, grados.

12.2 Para una sección transversal rectangular, se debe calcular el diámetro equivalente (De), el cual se halla utilizando la siguiente ecuación, para determinar las distancias corriente abajo y corriente arriba, correspondientes

$$D_e = \frac{2(L) * (W)}{L + W} \quad \text{Eq. 1-1}$$

12.3 Si usa el procedimiento de selección de sitio alternativo (sección 11.5 de este método) se requiere mejorar los cálculos usando las siguientes ecuaciones: el ángulo resultante en cada punto transversal, el ángulo resultante promedio, y la desviación estándar. Complete los cálculos manteniendo al menos una cifra significativa extra más allá de los datos colectados. Redondeando los valores después de los cálculos finales.

12.3.1 Cálculo del ángulo resultante en cada punto transversal:

$$R_i = \text{Arcoseno}[(\text{Coseno} Y_i)(\text{Coseno} P_i)] \quad \text{Eq. 1-2}$$

12.3.2 Cálculo del ángulo resultante promedio para las mediciones.

$$R_{avg} = \sum R_i / n \quad \text{Eq. 1-3}$$

12.3.3 Cálculo de las desviaciones estándar:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{avg})^2}{(n - 1)}}$$

12.3.4 Criterio de aceptación. El campo de medición es aceptable si $R_{avg} \leq 20^\circ$ y $S_d \leq 10^\circ$.

13. MEJORAMIENTO DEL MÉTODO [RESERVADO]

14. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN [RESERVADO]

15. MANEJO DE RESIDUOS [RESERVADO]

16. REFERENCIAS

1. Determining Dust Concentration in a Gas Stream, ASME Performance Test Code No. 27. New York. 1957.
2. DeVorkin, Howard, et al. Air Pollution Source Testing Manual. Air Pollution Control District. Los Angeles, CA. November 1963.

3. Methods for Determining of Velocity, Volume, Dust and Mist Content of Gases. Western Precipitation Division of Joy Manufacturing Co. Los Angeles, CA. Bulletin WP-50. 1968.
4. Standard Method for Sampling Stacks for Particulate Matter. In: 1971 Book of ASTM Standards, Part 23. ASTM Designation D 2928-71. Philadelphia, PA. 1971.
5. Hanson, H.A., et al. Particulate Sampling Strategies for Large Power Plants Including Nonuniform Flow. USEPA, ORD, ESRL, Research Triangle Park, NC. EPA-600/2-76-170. June 1976.
6. Entropy Environmentalists, Inc. Determination of the Optimum Number of Sampling Points: An Analysis of Method 1 Criteria. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC. EPA Contract No. 68-01-3172, Task 7.
7. Hanson, H.A., R.J. Davini, J.K. Morgan, and A.A. Iversen. Particulate Sampling Strategies for Large Power Plants Including Nonuniform Flow. USEPA, Research Triangle Park, NC. Publication No. EPA-600/2-76-170. June 1976. 350 pp.
8. Brooks, E.F., and R.L. Williams. Flow and Gas Sampling Manual. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC. Publication No. EPA-600/2-76- 203. July 1976. 93 pp.
9. Entropy Environmentalists, Inc. Traverse Point Study. EPA Contract No. 68-02-3172. June 1977. 19 pp.
10. Brown, J. and K. Yu. Test Report: Particulate Sampling Strategy in Circular Ducts. Emission Measurement Branch. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC 27711. July 31, 1980. 12 pp.
11. Hawksley, P.G.W., S. Badzioch, and J.H. Blackett. Measurement of Solids in Flue Gases. Leatherhead, England, The British Coal Utilisation Research Association. 1961. pp. 129-133.
12. Knapp, K.T. The Number of Sampling Points Hended for Representative Source Sampling. In: Proceedings of the Fourth National Conference on Energy and Environment. Theodore, L. et al. (ed). Dayton, Dayton Section of the American Institute of Chemical Engineers. October 3-7, 1976. pp. 563-568.
13. Smith, W.S. and D.J. Grove. A Proposed Extensión of EPA Method 1 Criteria. Pollution Engineering. XV (8):36-37. August 1983.
14. Gerhart, P.M. and M.J. Dorsey. Investigation of Field Test Procedures for Large Fans. University of Akron. Akron, OH. (EPRI Contract CS-1651). Final Report (RP-1649- 5). December 1980.
15. Smith, W.S. and D.J. Grove. A New Look at Isokinetic Sampling - Theory and Applications. Source Evaluation Society Newsletter. VIII(3):19-24. August 1983.

17. TABLAS, DIAGRAMAS, CARTAS DE FLUJO, Y VALIDACIÓN DE DATOS.

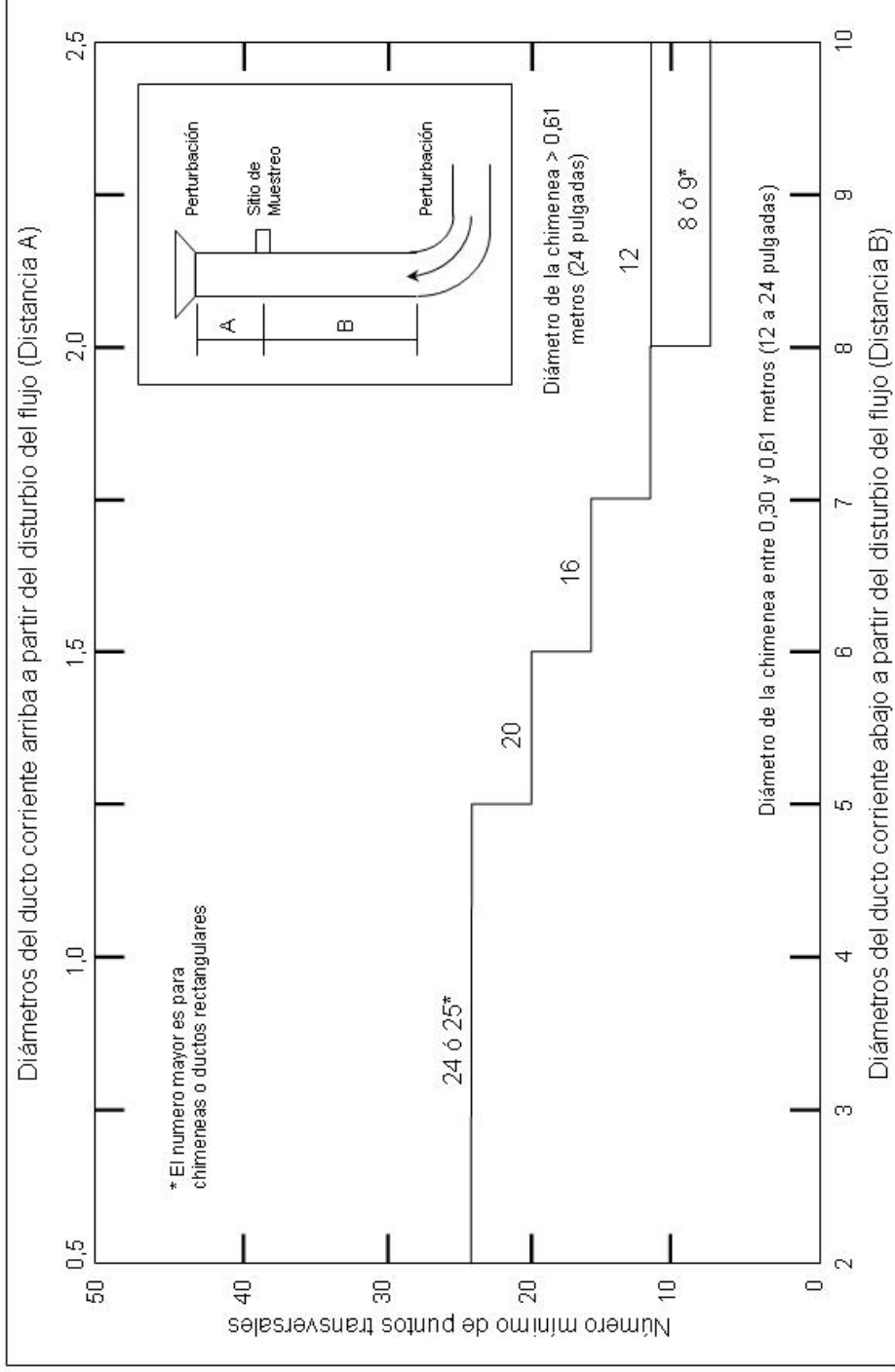


Figura 1-1. Estimación del número mínimo de puntos transversales en la chimenea para la medición de Material Particulado

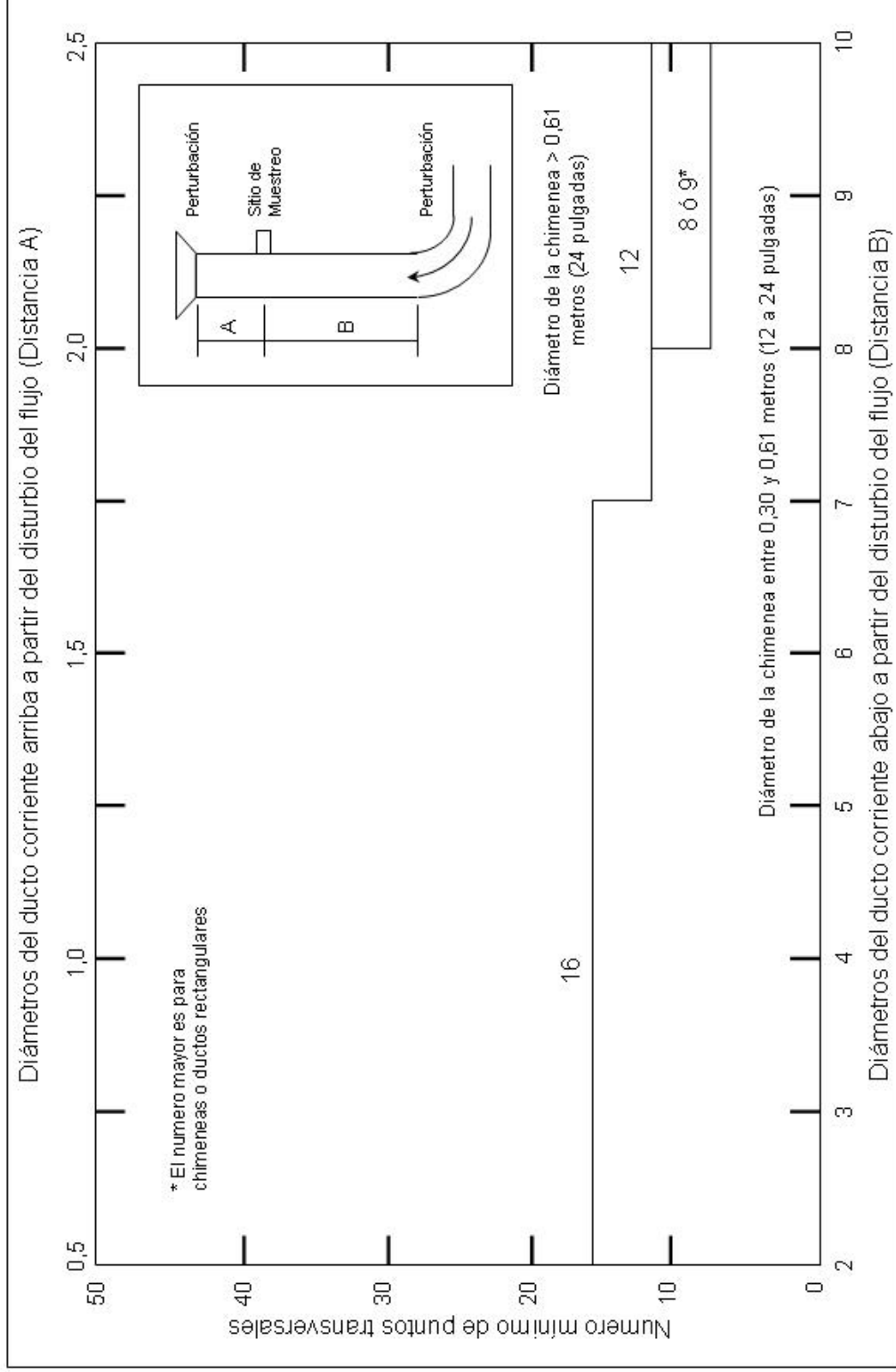


Figura 1-2. Número mínimo de puntos transversales para puntos transversales de velocidad (sin partículas)

TABLA 1-1 Disposición de la Sección Representativa para Chimeneas Rectangulares

Disposición Número de puntos transversales	Matriz
9.....	3*3
12.....	4*3
16.....	4*4
20.....	5*4
25.....	5*5

TABLA 1-1 Disposición de la Sección Representativa para Chimeneas Rectangulares -Continuación

Disposición Número de puntos transversales	Matriz
30.....	6*5
36.....	6*6
42.....	7*6
49.....	7*7

Figura 1-2. Número mínimo de puntos transversales para puntos transversales de velocidad (sin partículas)

TABLA 1-2 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS TRANSVERSALES EN CAÑONES CIRCULARES.
(Porcentaje del diámetro del cañón desde la pared interna hasta el punto transversal.)

Número de puntos transversales en diámetro	Número de puntos transversales en diámetro											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1.....	14.6	6.7	4.4	3.2	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
2.....	85.4	25.0	14.6	10.5	8.2	6.7	5.7	4.9	4.4	3.9	3.5	3.2
3.....		75.0	29.6	19.4	14.6	11.8	9.9	8.5	7.5	6.7	6.0	5.5
4.....		93.3	70.4	32.2	22.6	17.7	14.6	12.5	10.9	9.7	8.7	7.9
5.....			85.4	67.7	34.20	25.0	20.1	16.9	14.6	12.9	11.6	10.5
6.....			95.6	80.6	65.8	35.6	26.9	22.0	18.8	16.5	14.6	13.2
7.....				89.5	77.4	64.4	36.6	28.3	23.6	20.4	18.0	16.1
8.....				96.8	85.4	75.0	63.4	37.5	29.6	25.0	21.8	19.4
9.....					91.8	82.3	73.1	62.5	38.2	30.6	26.2	23.0
10.....					97.4	88.2	79.9	71.7	61.8	38.8	31.5	27.0
11.....						93.3	85.4	78.0	70.5	61.2	39.3	32.3
12.....						97.9	90.1	83.1	76.4	69.4	60.7	39.8
13.....							94.3	87.5	81.2	75.0	68.5	60.2
14.....							98.2	91.5	85.4	79.6	73.8	67.7
15.....								95.1	89.1	83.5	78.2	72.8
16.....								98.4	92.5	87.1	82.0	77.0

Número de puntos transversales en diámetro	Número de puntos transversales en diámetro											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
17.....									95.6	90.3	85.4	80.6
18.....									98.6	93.3	88.4	83.9
19.....										96.1	91.3	86.8
20.....										98.7	94.0	89.5
21.....											96.5	92.1
22.....											98.9	94.5
23.....												96.8
24.....												99.9

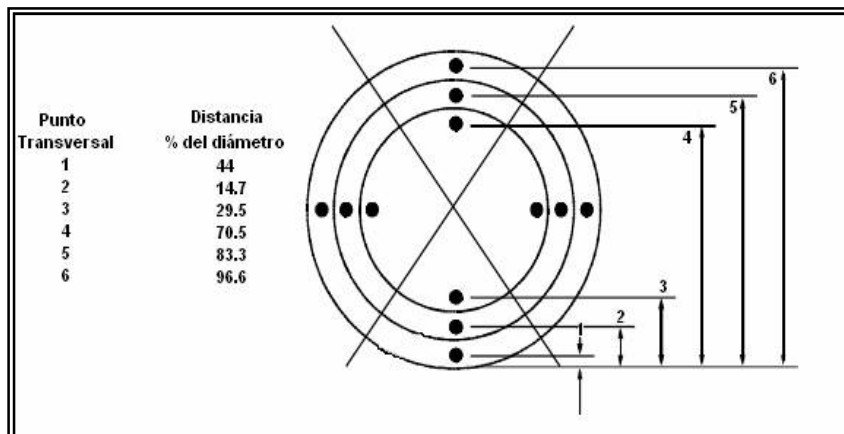


Figura 1.3 Ejemplo que muestra la sección representativa circular dividida en 12 áreas iguales, indicando la ubicación de los puntos transversales.

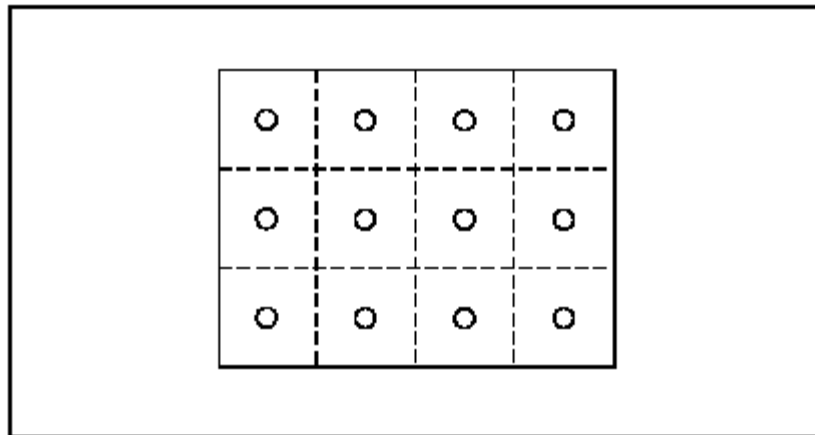


Figure 1-4. Ejemplo que muestra la corte transversal de la chimenea rectangular dividió en 12 áreas iguales, con los puntos al centro de cada área.