

PROTOCOLO PARA EL MONITOREO DE EMISIONES ATMOSFERICAS

1. INTRODUCCION.

Existe una gran variedad de emisiones provenientes de los procesos y operaciones industriales. Cada una tiene características propias que afectan al medio ambiente en forma diferente.

La Autoridad Ambiental Distrital, en su programa de vigilancia, control y seguimiento, fundamenta el programa de revisión de los muestreos isocinéticos en chimenea en el área de su jurisdicción con la Resolución 1208 de 2003, mediante la cual se adoptó los métodos de referencia (protocolos de muestreo) del USEPA, Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos -CFR Titulo 40 Parte 60 APP A, METODOS DE EVALUACION.

De acuerdo a la reglamentación nacional y distrital existente para el control y seguimiento a la industria, se tiene entre sus objetivos, fomentar la prevención de la contaminación, la producción más eficiente y determinar los límites máximos permisibles para el Sector Manufacturero.

La realización exitosa de un muestreo en chimenea involucra el uso correcto de los diversos componentes del equipo, el seguimiento del protocolo de medición establecido, y la revisión de los parámetros de aseguramiento de calidad para que los resultados sean trazables y comparables con la norma y con otros muestreos realizados por otro consultor o en cualquier parte. Como punto de partida se sugiere que los consultores elaboren una lista de comprobación, que cubra el equipo necesario para cada una de las pruebas a realizar. Esa lista de comprobación se emplea para asegurar que no se deja olvidado algún componente del equipo, al salir a campo.

Las empresas que requieran hacer monitoreo de emisiones atmosféricas ya sea por iniciativa propia o por disposición de la Autoridad Ambiental, deberán ceñirse a lo dispuesto en el presente Protocolo.

Este Protocolo ha sido elaborado por la Secretaria Distrital de Ambiente para definir los aspectos a tener en cuenta al momento de realizar la verificación de los muestreos en campo para una prueba isocinética en chimenea, siguiendo los lineamientos establecidos en los métodos de referencia USEPA, 40 CFR PART 60 APP A., y la experiencia recopilada durante años de aplicación de los mismos, por personal de la Secretaria y por Consultores, todo ello en procura de obtener datos confiables sobre las emisiones muestreadas, asegurando la calidad durante los muestreos.

Por otra parte, los programas de monitoreo servirán a las empresas que cuenten con estudios ambientales aprobados por la Secretaria Distrital de Ambiente, para mejorar en forma paralela su eficiencia productiva y desempeño ambiental, y a la Autoridad Ambiental para controlar en forma regular y sistemática, las emisiones a la atmosfera de las industrias, así como su impacto en el medio ambiente. Permitirán asimismo, revisar y

126PM04-PR05-I-A5-V5.0

1/22

modificar los límites máximos permisibles y establecer requerimientos de monitoreo con fundamento en la Unidad de Contaminación Atmosférica Industrial (UCA) por la cual, se clasifica los sectores productivos de acuerdo con los niveles de emisión de cada uno de los contaminantes; según sea el caso (bajo, medio, alto, muy alto) que sería el grado de significancia según el aporte del contaminantes.¹

La guía fundamental de este Protocolo son los métodos de referencia establecidos por la Agencia Ambiental Americana U.S. E.P.A., en su "Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos (CFR) TITULO 40 PARTE 60APP A"²

Los protocolos fueron diseñados en búsqueda de confiabilidad en la toma de muestras para la industria objeto de control y para la Secretaria Distrital de Ambiente. La presencia de los funcionarios de la autoridad ambiental avala los datos recogidos en campo. Por tal motivo es importante el respeto y cordialidad hacia los mismos.

2. CONTENIDO

El siguiente Protocolo contiene las pautas básicas para el desarrollo de una revisión en campo, a una prueba isocinética en chimenea.

3. BASE LEGAL

El conocimiento del comportamiento de los contaminantes del aire y las características de la atmosfera dentro de la cual serán emitidos requiere del desarrollo de un programa para el manejo de las emisiones contaminantes. Para el caso de Bogotá la Secretaria Distrital de Ambiente, ha venido generando políticas de descontaminación basadas en el Plan Decenal de Calidad del Aire, en la Vigilancia, Control y Seguimiento a empresa y a firmas consultoras en el área de su jurisdicción.

3.1 Marco Normativo

Que la Ley 99 del 22 de diciembre de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena "el Sector Publico encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA- y se dictan otras disposiciones".

Que el Decreto 2 del 11 de enero de 1982, proferido por el Ministerio de Salud, reglamenta "parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas". (En sus artículos no derogados).

Que el Decreto 948 del 5 de junio de 1995, emanado del Ministerio del Medio Ambiente reglamenta "parcialmente, la Ley 23 de 1973; los Artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los Artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley

¹ Resolución 775 del 18 de abril de 2002 "Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente –DAMA–"

² La versión original de los métodos se puede conseguir en la página:
<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html>

99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire".

Que la Resolución 619 del 7 de julio de 1997 del Ministerio del Medio Ambiente, establece "parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas".

Que mediante la Resolución 775 del 18 de abril de 2000, el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, adopta el sistema de clasificación empresarial por el impacto sobre el componente atmosférico, denominado "Unidades de Contaminación Atmosférica -UCA".

Que mediante la Resolución 0058 del 21 de enero de 2002, el Ministerio del Medio Ambiente, establece "las normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos En ejercicio de sus funciones legales y en especial las conferidas en los [numerales 2, 10, 11, 14 y 25 del Artículo 5 de la Ley 99 de 1993], y en los [Artículos 8, 27, 73 y 137 del Decreto 948 de 1995]. (En sus artículos no derogados).

Que con fundamento en la Resolución No. 1208 del 05 de septiembre de 2003, el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, dicta "normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire", para el Perímetro Urbano de la Ciudad de Bogotá Distrito Capital.

Que mediante la Resolución 0886 del 27 de julio de 2004, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, modifica "parcialmente la Resolución 0058 del 21 de enero de 2002 y se dictan otras disposiciones".

Que el Decreto 979 "Por el cual se modifican los Artículos 7, 10, 93 y 108 del Decreto 948 de 1995", establece entre otros los niveles de prevención, alerta y emergencia, las medidas para la atención de estos episodios, los planes de contingencia por contaminación atmosférica y la clasificación de "áreas-fuente" de contaminación atmosférica.

Que mediante el Decreto Distrital 174 de 2006 del 30 de mayo de 2006, se adoptan "medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del Aire en el Distrito Capital".

Que mediante la Resolución 1908 del 29 de agosto de 2006, proferida por el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, "se fijan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes fijas de las áreas-fuente de contaminación alta Clase I; se adoptan medidas tendientes a prohibir el uso de aceites usados como combustibles en el Distrito Capital y se dictan otras determinaciones".

Que mediante la Resolución 2302 del 27 de noviembre de 2006, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se resuelve sobre la vigencia de la Resolución No. 1908 del 29 de agosto de 2006 del DAMA, en virtud de la aplicación del principio normativo general de rigor subsidiario".

Que la Resolución 909 del 5 de junio de 2008, "Por la cual se establecen las normas y

126PM04-PR05-I-A5-V5.0

3/22

estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones”

Que la Resolución 2153 del 2 de Noviembre de 2010 del MAVDT acoge y ajusta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado a través de la Resolución 760 de 2010.

4. PROTOCOLO DE MONITOREO AMBIENTAL EN CHIMENEAS

1. Definición

Se entiende por protocolo de monitoreo ambiental en chimeneas a las acciones de observación, muestreo, medición y análisis de datos técnicos y ambientales, que se toman para: Definir las características del medio o entorno, Identificar los impactos ambientales de las actividades del Sector, y Conocer su variación a través del tiempo.

2. Diseño

Hay que recordar, que el Monitoreo es un instrumento para realizar un diagnóstico actualizado de una situación ambiental específica y para diseñar intervenciones, si es necesario. En este sentido, se debe asegurar la obtención de muestras representativas, seleccionando adecuadamente los puntos de muestreo, el tipo de muestras, parámetros y la frecuencia con fundamento en las unidades de contaminación atmosférica UCA.

Cabe mencionar, que el muestreo en una fuente, es la parte inicial de la evaluación ambiental, que hace posible obtener muestras para ser analizadas por métodos analíticos, que arrojan datos, que al ser interpretados, nos permiten valorar la afectación generada por tal fuente. De lo expuesto anteriormente, se hace imprescindible su realización de forma tal, que asegure la calidad del muestreo, mediante la verificación del equipo y el seguimiento de los protocolos de muestreo, en campo.

Los resultados analíticos podrán ser sumamente exactos y precisos, pero carecerán de validez si el muestreo no se efectuó adecuadamente. Por lo tanto, la persona encargada del diseño y ejecución del muestreo deberá cumplir con los requisitos establecidos por IDEAM en la Resolución No. 292 del 26 Diciembre de 2006.

Las firmas consultora y/o laboratorios ambientales que consideren el protocolo de monitoreo deberán tener en cuenta:

1. Objetivos
2. Actividad de la empresa
3. Etapas del proceso
4. Parámetros a medir
5. Selección de los equipos
6. Toma de muestras y su frecuencia de acuerdo con la Unidad de contaminación atmosférica industrial.
7. Mediciones in situ
8. Selección de los métodos analíticos

126PM04-PR05-I-A5-V5.0

4/22

9. Determinación del tiempo requerido
10. Ubicación de la empresa según la localidad (área fuente)

3. Objetivo

El monitoreo de emisiones esta dirigido a la obtención de información para:

1. Caracterizar las emisiones, en operación normal de los equipos de combustión y/o proceso.
2. Identificar las fuentes contaminantes específicas
3. Mantener bajo observación la tendencia de las fuentes de contaminación o de sustancias peligrosas
4. Evaluar la eficiencia del sistema de control de emisiones en caso de estar instalados y funcionando

4. Selección de Parámetros a monitorear en chimenea

Para establecer los parámetros a monitorear se debe referir a la Tabla No. 3 para fuentes de combustión externa y Tabla 5 para procesos productivos de la Resolución 1208 de 2003, o la que lo modifique o sustituya.

La metodología para toma de muestras y análisis de contaminantes del aire, se ceñirán a lo estipulado en el Artículo 13 de la Resolución 1208 de 2003, o la que lo modifique o sustituya.

Tabla No. 1. Métodos de evaluación de ductos y chimeneas

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 1 (US EPA)	Selección del sitio de muestreo, determinación del número de puntos y su localización.
Método 1A (US EPA)	Selección del sitio de muestreo, determinación del número de puntos y su localización para ductos o chimeneas pequeñas menor a 30 cm.
Método 2 (US EPA)	Determinación de la velocidad de las emisiones y del flujo volumétrico en chimeneas o ductos con tubo pitot estándar.
Método 2A (US EPA)	Medición directa del volumen de gas a través de tuberías o ductos pequeños menor a 30 cm.
Método 2B (US EPA)	Determinación del flujo volumétrico de quemadores de vapores de gasolina



MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 2C (US EPA)	Determinación de la velocidad de las emisiones y flujo volumétrico en ductos y chimeneas pequeñas con tubo pitot estándar.
Método 2D (US EPA)	Medición del gas en pequeñas tuberías y ductos
Método 3 (US EPA)	Análisis del porcentaje de Dióxido de Carbono (CO ₂), Oxígeno (O ₂), Monóxido de Carbono (CO) y el peso molecular seco, en los gases efluentes.
Método 3A (US EPA)	Determinación de la concentración en emisiones de Oxígeno (O ₂) y Análisis del porcentaje de Dióxido de Carbono (CO ₂).
Método 3B (US EPA)	Análisis de gases para la determinación del factor de corrección de la emisión o exceso de aire.
Método 4 (US EPA)	Determinación del contenido de humedad de los gases.
Método 5 (US EPA)	Determinación de emisiones de partículas
Método 5A (US EPA)	Determinación de emisiones de partículas para plantas de asfalto
Método 5B (US EPA)	Determinación de las emisiones de material particulado ácido no sulfúrico.
Método 5E (US EPA)	Determinación de las emisiones de partículas procedentes de la industria de fabricación de aislantes de lana de vidrio.
Método 5F (US EPA)	Determinación de las emisiones de material particulado no sulfatado.
Método 5G (US EPA)	Determinación de las emisiones de material particulado procedente de calentadores de madera en un túnel de dilución.
Método 5H (US EPA)	Determinación de las emisiones de material particulado procedente de calentadores de madera en chimenea
Método 6 (US EPA)	Determinación de las emisiones de Dióxidos de Azufre - SO ₂
Método 6A (US EPA)	Determinación de las emisiones de Dióxido de Carbono (CO ₂), contenido de humedad y Dióxido de Azufre - SO ₂ , procedente de la combustión de combustibles fósiles.
Método 6B (US EPA)	Determinación de los promedios diarios de emisión de dióxido de carbono (CO ₂), contenido de humedad y Dióxido de Azufre - SO ₂ , procedente de la combustión de combustibles fósiles



MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 6C (US EPA)	Determinación de la emisión Dióxido de Azufre - SO ₂
Método 7 (US EPA)	Determinación de emisiones de Óxidos de Nitrógeno
Método 7A (US EPA)	Determinación de emisiones Óxidos de Nitrógeno (método cromatografico)
Método 7B (US EPA)	Determinación de emisiones Óxidos de Nitrógeno (espectrofotometría ultravioleta).
Método 7C (US EPA)	Determinación de emisiones Óxidos de Nitrógeno (método colorimétrico/ alcalino permanganato).
Método 7D (US EPA)	Determinación de emisiones Óxidos de Nitrógeno (método cromatografico/alcalino-permanganato/Ion).
Método 7E (US EPA)	Determinación de emisiones Óxidos de Nitrógeno (procedimiento de analizador instrumental).
Método 8 (US EPA)	Determinación de Dióxido de Azufre y niebla de ácido sulfúrico
Método 9 (US EPA)	Determinación visual de la opacidad de las emisiones de fuentes fijas.
Método Alternativo	Determinación visual de la opacidad de las emisiones de fuentes fijas - lidar.
Método 10 (US EPA)	Determinación de emisiones de Monóxido de Carbono.
Método 10B (US EPA)	Determinación de emisiones de Monóxido de Carbono
Método 12 (US EPA)	Determinación de las emisiones de Plomo inorgánico
Método 13A (US EPA)	Determinación de las emisiones de Fluoruros totales, método de zirconio
Método 13B (US EPA)	Determinación de las emisiones de Fluoruros totales, método de Ion electrodo específico.
Método 14 (US EPA)	Determinación de las emisiones de Fluoruros totales, para plantas de producción de aluminio
Método 15 (US EPA)	Determinación de las emisiones de Ácido Sulfhídrico - H ₂ S, Sulfuro Carbonilo y sulfuro de carbono.
Método 15A (US EPA)	Determinación de las emisiones de azufre reducido total en plantas de recuperación de azufre en refinerías de petróleo
Método 16 (US EPA)	Determinación semicontinua de emisiones de azufre



MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 16A (US EPA)	Determinación de las emisiones de azufre reducido total (técnica de burbujeadores).
Método 16B (US EPA)	Determinación de las emisiones de azufre reducido total
Método 17 (US EPA)	Determinación de material particulado (método de filtración).
Método 18 (US EPA)	Medición de emisiones de gases o compuestos orgánicos por cromatografía de gases.
Método 19 (US EPA)	Determinación de la eficiencia de remoción de dióxidos de Azufre - SO ₂ y de las emisiones de óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y partículas.
Método 20 (US EPA)	Determinación de las emisiones disueltas de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, de turbinas de gas estacionarias
Método 21 (US EPA)	Determinación de fugas de Compuestos Orgánicos Volátiles - COV's
Método 22 (US EPA)	Determinación visual de emisiones fugitivas de humo.
Método 23 (US EPA)	Determinación de Dioxinas y Furanos
Método 24 (US EPA)	Determinación del contenido de materia volátil, agua, densidad, volumen y peso de sólidos de recubrimiento de superficies.
Método 24A (US EPA)	Determinación del contenido de materia volátil y densidad de tintas de impresión y recubrimientos.
Método 25 (US EPA)	Determinación de emisiones gaseosas orgánicas no metánicas totales como carbono.
Método 25A (US EPA)	Determinación de concentración de gases orgánicos totales, usando analizador de ionización de llama. (Hidrocarburos Totales)
Método 25B (US EPA)	Determinación de concentración de gases orgánicos totales usando analizador infrarrojo no dispersivo.
Método 25C (US EPA)	Determinación de compuestos orgánicos no metánicos (NMOC) en gases de rellenos
Método 25D (US EPA)	Determinación de compuestos orgánicos volátiles (NMOC) en muestras de residuos.
Método 25E (US EPA)	Determinación de la concentración de compuestos orgánicos en fase vapor de muestras de residuos.
Método 26 (US EPA)	Determinación de ácido clorhídrico - HCl

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 27 (US EPA)	Determinación de los vapores de gasolina en tanques utilizando la prueba de presión al vacío.
Método 29 (US EPA)	Determinación de Metales en los gases efluentes (Antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, manganeso, mercurio, níquel, fósforo, plata, selenio, talio y zinc)

Fuente: Artículo 13, Resolución DAMA 1208 de 2003

5. Muestreo y Mediciones

El muestreo será usado para determinar el cumplimiento normativo de uno o varios contaminantes y que sirva de base para la asignación de límites máximos permisibles.

En la toma de muestras y los análisis de emisiones debe considerarse los siguientes pasos:

1. Determinación del tipo de emisión según el proceso de combustión y/o productivo (tablas numero 3 y 5 Resolución 1208 de 2003 o la que lo modifique o sustituya)
2. Seguimiento del proceso y del estado de los conductos o chimeneas.
3. Inspección de los puntos de muestreo
4. Selección del método para la toma de muestras (ver Artículo 13 de la Resolución 1208 de 2003).
5. Condiciones normales de operación y proceso
6. Medición de la velocidad y del flujo de gases
7. Toma de muestras
8. Análisis de las muestras
9. Cálculos

4.5.1 Frecuencia

Se llevara a cabo un monitoreo de los puntos de emisiones atmosféricas, en concordancia en el Artículo 18 de la Resolución 1208 de 2003.

Luego de la evaluación de los resultados la Secretaria Distrital de Ambiente, fijara la frecuencia de presentación de estudios de emisiones atmosféricas de conformidad a lo establecido en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas.

5. CERTIFICACIONES DE EQUIPOS PARA MUESTREO DE EMISIONES

Las empresas consultoras deberán contar con las siguientes certificaciones y revisiones para el inicio del muestreo:

- Certificado de trámite ante el IDEAM, de certificación para muestreos en fuentes fijas.

126PM04-PR05-I-A5-V5.0 ^{9/22}

- Certificado de aceptación del IDEAM, para el análisis gravimétrico. En su defecto, el consultor deberá poseer las certificaciones del peso de cada uno de los filtros a emplear en campo, dadas por un laboratorio con aceptación del IDEAM. Los filtros deberán ser remitidos sellados y con firma del auditoria de la Secretaria Distrital de Ambiente, al laboratorio para su análisis.
- Certificación de calibración de orificios.
- Revisión de termocuplas y display previa a muestreo.
- Revisión del calentamiento de la caja caliente
- Revisión del calentamiento de la sonda
- Revisión de respuesta de la balanza a emplear en campo
- Certificación de gases de calibración en caso de utilizar analizadores electrónicos
- Certificado del peróxido de Hidrogeno para la prueba de SO₂, libre de isopropanol.
- Certificado de pureza de la acetona, menor o igual a 0.001 gr de residuo.
- Certificación de cada uno de los instrumentos de medición empleados (calibrador, cronometro, termómetro, etc.)

6. ELEMENTOS NECESARIOS PARA ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DURANTE EL MUESTREO:

- Set de boquillas
- Set de orificios críticos con certificado vigente
- Calibrador Vernier debidamente certificado
- Copitos de algodón
- Termómetro de mercurio calibrado (rango de 0°C – 250°C), sensibilidad de 1°C
- Calibrador - Simulador de temperatura (para verificar el valor de la temperatura que se muestra en la pantalla o la señal de temperatura de envían las termocuplas o termopares)

7. PROCEDIMIENTO PARA LA REVISION EN CAMPO DEL EQUIPO PREVIO A EN LA TOMA DE MUESTRA EN UNA FUENTE FIJA

1. Verificación de la Consola de Muestreo

- Verifique el serial de la consola, bomba y del DGM.
- Revisar que las mangueras no presentan material particulado al interior, de ser así solicite su limpieza.

2. Verificación de la Constante de Calibración del Equipo en Campo: calculo de Yc y verificación con un orificio crítico.

1. Verifique el serial de la bomba, con fin de establecer que corresponda al equipo revisado.
2. Solicite al operario que abra el interruptor de enciendo de la bomba por un tiempo de 10 minutos, con el fin de calentarla.
3. La prueba debe ser realizada a una caída de presión constante, que esta dada por el $\Delta H@$ de calibración, establecido en la revisión del equipo.

126PM04-PR05-I-A5-V5.0 10/22

4. Después de los 10 minutos verifique que se registre la lectura inicial del medidor de gas seco "DGM" (pies³ o m³).
5. Registre la temperatura inicial de entrada y salida del medidor de gas seco (°C o °F).
6. Durante un periodo de 10 minutos, deje succionar el equipo libremente (sin orificio crítico).
7. Cumplido el tiempo apague la bomba.
8. Registre la lectura final del medidor de gas seco DGM (pies³ o m³).
9. Registre las temperaturas finales de entrada y salida del DGM (°C o °F).
10. Verifique mediante la siguiente ecuación la constante de calibración.

$$Y_c = \frac{10}{V_m} \left(\frac{0.0319 T_m}{P_{bar}} \right)^{1/2}$$

11. Verifique que el rango se encuentra dentro de los siguientes valores $0.97 Y < Y_c < 1.03 Y$.³
12. Si la verificación Y_c se encuentra dentro del rango, continúe con la revisión de los demás componentes.
13. Si el Y_c , se encuentra fuera del rango, solicite realizar los ajustes necesarios.
14. Si se llevo a cabo el numeral 13, solicite se realicen los pasos del 1 al 12.
15. Si se encuentra fuera del rango del numeral 12, por tres ocasiones, realice calibración empleado los orificios críticos.
16. Verifique Y empleando un orificio critico. El valor obtenido para Y debe estar en el rango $1,00 \pm 0.2$. Si Y no ingresa en el rango, haga los ajustes necesarios y repita para ese orificio critico. Verifique con los demás orificios críticos.
17. Si el equipo cumple las especificaciones de calibración en todos los puntos, tome los valores obtenidos y continúe con el muestreo.
18. Si el equipo no cumple las especificaciones de calibración en todos los puntos, se suspende el muestreo.

3. Verificación de vidriería

1. Verifique cada uno de los burbujeadores, con el fin de confirmar que no presenten fisuras en su contorno y que se encuentren limpios.
2. Verificar que el primero, tercero y cuarto burbujeador, son del tipo de diseño Greenburg-Smith modificado.
3. Verifique que el vástago del tubo de vidrio tiene un diámetro interno ID 1,3 cm (1/2 pulgadas).
4. Mida que el extremo del tubo de vidrio esta a una distancia del fondo de 1,3 cm (1/2 pulgadas).
5. Verifique que el burbujeador modificado, en la punta no presenta ruptura.
6. Si presenta ruptura, solicite su cambio
7. El segundo burbujeador es del tipo Greenburg-Smith estándar.
8. Verifique la existencia del plato.

³ Section 9.2.1.2 "Code Of Federal Regulations CFR 40 Part 60"

4. Verificación de Cordón Umbilical

- Verifique las puntas de las conexiones de los pitot.
- No deberá existir suciedad u obstrucción en las puntas de conexión del pitot.
- Revise las puntas de conexión del sistema eléctrico
- Compruebe que las mangueras no presentan suciedad u obstrucciones o quemaduras.
- Esto debe ser realizado en los dos extremos del cordón umbilical.

5. Verificación de sonda

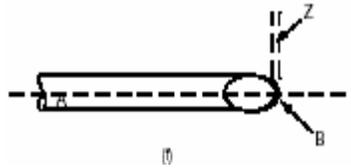
1. Verifique que la sonda a su interior no presenta adherido material particulado en las paredes de la línea de succión.
2. Verificar el material de construcción de la línea de sonda.
3. Si es de borosilicato o cuarzo el diámetro externo OD debe ser de 16 mm (0.625 pulgadas)⁴
4. la cubierta protectora de la sonda de ser de acero inoxidable con un diámetro externo OD es de 25.4 mm (1.0 pulgadas)
5. El diámetro interno de la línea de sonda Dn= 1.3 cm o ½ pulgadas n

6. Verificación de las boquillas empleadas.

1. Verifique la limpieza de la boquilla.
2. Verifique que en el borde biselado de la boquilla no se presenten hendiduras ni deformidad.
3. Verifique la uniformidad del borde biselado de la boquilla a emplear (ángulo $\leq 30^\circ$)
4. Verifique que la boquilla no presenta achatamientos ni deformidad. En caso contrario solicite su cambio.
5. Con un calibrador tome como mínimo tres (3) lecturas internas del diámetro de la boquilla a utilizar en el muestreo definitivo. Los tres puntos de medición deben ser diferentes. Con este procedimiento se determina el valor del diámetro de la boquilla.
6. No debe existir una variación entre las tres lecturas de $\leq 0.1\text{mm}$ (0.04 pulgadas)⁵
7. Si posee porta boquillas, verifique que se encuentra limpia.
8. Si la boquilla a utilizar en el muestreo definitivo se encuentra en mal estado, solicite su cambio. De lo contrario, suspenda el muestreo.
9. La diferencia entre la boquilla seleccionada y la ideal debe ser de máximo un (1/32 pulgadas)⁶, para evitar el super- isocinético y el sub- isocinético. No se debe aceptar otro rango de boquilla al ideal para efectuar el muestreo isocinético.

⁴ Section 3.4.1 of the Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume III. Stationary Source Specific Methods. EPA- 600/4-77- 027b. August 1977. U.S. Environmental Protection Agency

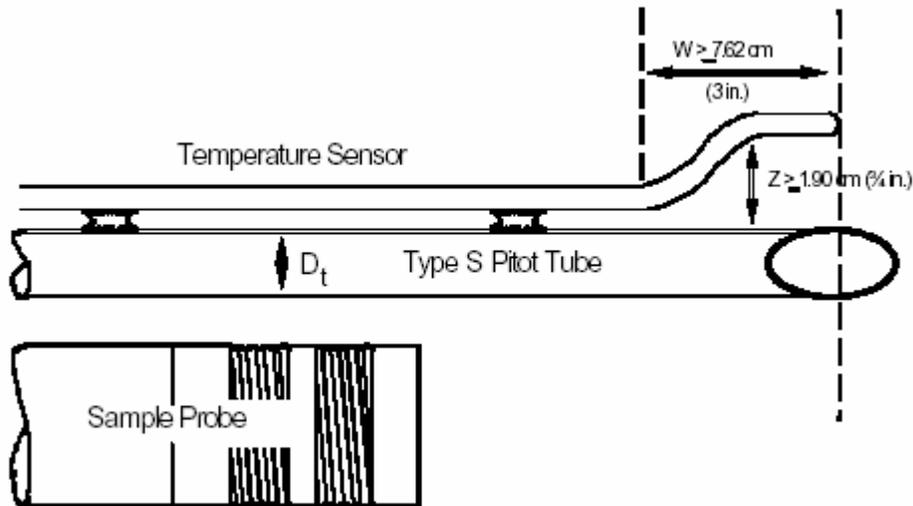
⁵ Section 3.4.1 of the Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume III. Stationary Source Specific Methods. EPA- 600/4-77- 027b. August 1977. U.S. Environmental Protection Agency



6. Confirme que no existen torcedura de una rama mayor a $W \leq 0.08$ cm (1/32 pulgadas)

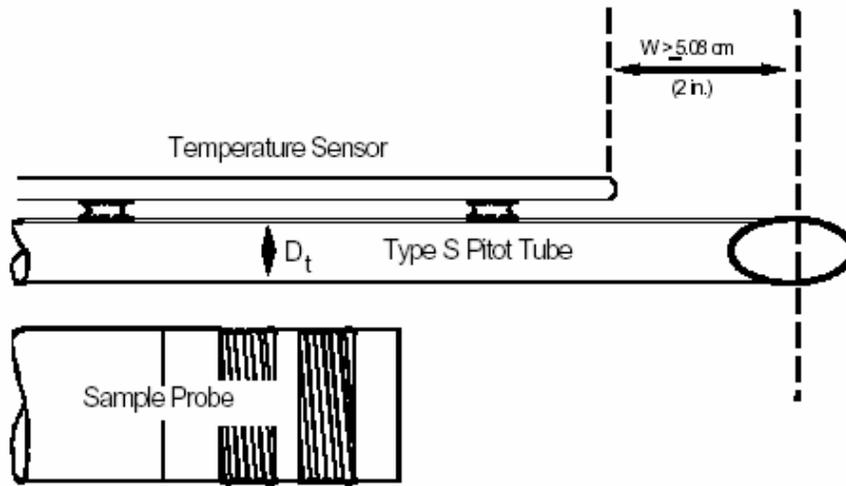


8. Verificación de distancias de la termocupla, boquilla y tubo pitot tipos, al cabezal de succión.



Cuando el sensor de temperatura de chimenea es tipo "s" se verifican las siguientes distancias:

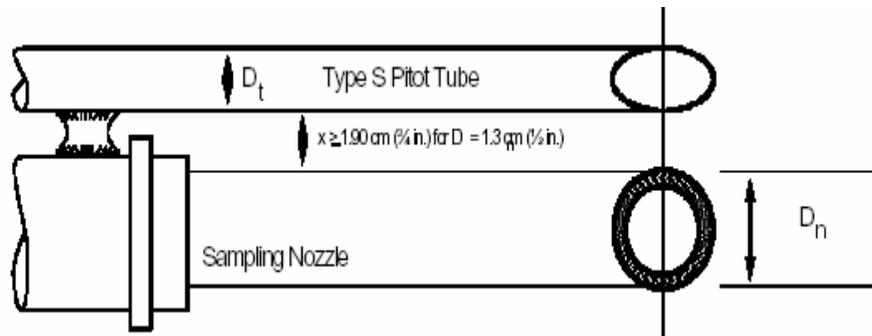
- Distancias del tubo pitot tipo "s" al sensor de temperatura de chimenea $Z \geq 1.90$ cm (3/4 pulgadas)
- Distancia de la entrada del pitot tipo "s" al sensor de temperatura de chimenea $W \geq 7.62$ cm (3 pulgadas)



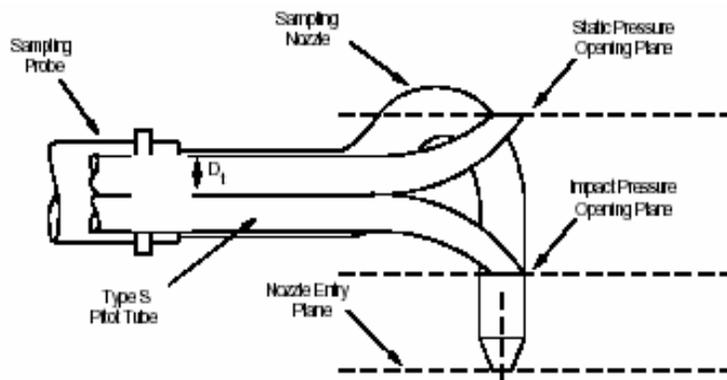
Cuando el sensor de temperatura de chimenea es tipo plano se verifican las siguientes distancias:

- Distancia de la entrada del pitot tipo "s" al sensor de temperatura de chimenea $W \geq 5.08$ cm (2 pulgadas)

9. Verificación de distancias del cabezal de succión al tubo pitot tipo "S"



Verifique que la distancia entre la línea de sonda y el tubo tipo pitot "S" es mayor o igual a 1.90 cm (3/4 pulgadas), para diámetros internos de pitot de 1.3 cm (1/2 pulgadas)



La cara impacto del tubo pitot debe estar alineada con el centro del plano de la boquilla de succión, y el extremo de la termocupla de chimenea.

10. Verificación de la linealidad del Display en Consola (termopares, termocuplas o sensores de temperatura).

Para la realización de la prueba se debe contar con el simulador de temperaturas.

11. Verificación de termocuplas de chimenea, filtro, ultimo burbujeador (exit), medidor y auxiliar (temperatura ambiente), En tres puntos de referencia diferentes, de acuerdo al rango de operación esperado.

Las pruebas descritas deberán realizarse mediante contraste con un termómetro de Mercurio Hg calibrado, con sensibilidad de 1°C y rango de 0°C a 250°C .

La lectura de calibración de la termocupla de chimenea debe estar dentro de $\pm 1,5\%$ de la temperatura mínima absoluta del gas de chimenea. Para el caso del compartimiento de calentamiento del filtro, la diferencia entre las temperaturas registradas del termómetro de mercurio y la pantalla de la consola, debe estar dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($5,4^{\circ}\text{F}$); para otras locaciones del tren de muestreo deben estar dentro de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (2°F).

12. Verificación de Filtro de retención de partículas, silica gel, y estado general del equipo.

1. Revise los filtros visualmente a contraluz para detectar irregularidades, defectos y perforaciones.
2. Verifique que el filtro sea de material de fibra de vidrio, y registre su peso inicial.
3. Verifique que se rotula los recipientes en que van a ser transportados los filtros (cajas petri de vidrio o polietileno)
4. Verifique el color de la silica gel (azul claro u otro material desecante)
5. Tipo indicador, de malla 6 a 16. Si es usada previamente, debe secarse a 175°C durante dos horas
6. La silica gel nueva puede usarse tal como se recibe.
7. Si cumple con cada uno de los pasos descritos en el numeral, anterior, puede iniciar con el muestreo preliminar y determinación de humedad.

8. ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES NORMALES DE PROCESO U OPERACIÓN.

1. Revisar que el equipo de proceso a muestrear, se encuentra en las condiciones normales de operación, para dar inicio al muestreo.
2. Revisar que el equipo de proceso en muestreo, mantiene las condiciones normales de operación, durante el muestreo.

9. SELECCION DEL SITIO DE MUESTREO, DETERMINACION DEL NÚMERO DE PUNTOS Y SU LOCALIZACION EN CHIMENEAS.

1. Antes de dar inicio al muestreo verifique:
2. La plataforma de muestreo
3. Las condiciones de seguridad para el operario
4. Si la fuente no cuenta con plataforma de muestreo suspenda el monitoreo programado
5. Elabore acta respectiva, identificando claramente las razones de suspensión del monitoreo.
6. Verifique el diámetro de la chimenea,
7. Mida las distancias de los toma muestras a las perturbaciones.
8. Verifique que los niples se encuentran a 90° y en un mismo plano.
9. Determine el numero de punto a muestrear en la sección transversal de la chimenea
10. Verifique que las distancias en la línea de sonda son las adecuadas respecto al diámetro en chimenea y número de puntos muestrear.

10. MÉTODO DE SELECCIÓN DEL SITIO DE MUESTREO.

El método general de selección del sitio de muestreo para la medición de emisiones de contaminantes en una fuente fija artificial, será aplicable en todos aquellos casos en que NO se presenten las siguientes situaciones:

1. Flujo ciclónico (en forma de remolino) o turbulento.
2. Chimenea o ducto con un diámetro menor de 0.30 metros o un área transversal menor de 0.071 metros cuadrados.
3. Sitio de medición ubicado a una distancia menor a dos (2) diámetros equivalentes de la chimenea o ducto, después de una perturbación o a medio (0,5) diámetro equivalente antes de ella.

11. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE LAS EMISIONES Y DEL GASTO VOLUMETRICO EN CHIMENEAS O DUCTOS METODO 2

El método general para la determinación de la velocidad de las emisiones y del gasto volumétrico en chimeneas o ductos.

1. Procedimiento para determinación de velocidad y gasto volumétrico.

126PM04-PR05-I-A5-V5.0

17/22

Para llevar a cabo las pruebas de hermeticidad en el método 2, siga el procedimiento que se describe a continuación:

1. Verifique que las terminales del cordón umbilical no presenten suciedad y/o fisuras.
2. Verifique las conexiones de la sonda a la consola
3. Para verificar la prueba de hermeticidad del tubo pitot tipo "S" (Stausscheibe), solicite al operario del equipo sople la punta del tubo pitot tipo S en sentido positivo hasta alcanzar diferencial de presión de 76.2 mm H₂O (3 pulgadas de H₂O).
4. Selle la punta del tubo pitot tipo s, por donde sopló.
5. Verifique visualmente en la columna inclinada que el líquido se mantenga estático en el capilar del diferencial de presión, por al menos un tiempo de 15 segundos y luego, suelte.
6. Si se presenta desplazamiento del líquido en la columna inclinada solicite al operario revisar las conexiones y repita el procedimiento del paso 3.
7. Solicite al operario del equipo succione la punta del tubo pitot tipo "S" (Stausscheibe), en sentido negativo hasta alcanzar diferencial de presión de 76.2 mm H₂O (3 pulgadas de H₂O).
8. Selle la punta del tubo pitot tipo s, por donde succiono.
9. Verifique visualmente en la columna inclinada que el líquido se mantenga estático en el capilar del diferencial de presión, por al menos un tiempo de 15 segundos y luego, suelte.
10. Si se presenta desplazamiento del líquido en la columna inclinada solicite al operario revisar las conexiones y repita el procedimiento del paso 7.
11. Si pasa la prueba de hermeticidad de los tubos pitot tipo S, continúe la verificación de otros componentes.

12. MÉTODO EMPLEADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN CHIMENEA - METODO DE REFERENCIA

Si emplea el método de referencia⁸ tenga en cuenta el siguiente procedimiento.

1. Verificación de hermeticidad del Orsat

1. Verifique que las divisiones de la bureta son de 0.1ml, si el equipo presenta una mayor escala no se acepta el equipo.
2. Verifique las conexiones de las mangueras a los conectores del equipo orsat, así como las válvulas de cierre en vidrio.
3. Verifique que las tres válvulas de las pipetas se encuentra cerradas. (CO, CO₂, O₂), mientras abre la llave de los conectores para que establezca la temperatura del orsat.
4. Constata que el operario realice el desplazamiento del líquido adsorbente a la marca de referencia, una vez abra la válvula de la pipeta.
5. Verifique que la botella niveladora se baje despacio.
6. Confirme que el operario presione el tubo de caucho para la nivelación de la botella.

⁸ "Análisis de gas para la determinación de peso molecular del gas seco" (método 3) Code Of Federal Regulations CFR 40 Part 60"

7. Verifique que el flujo del líquido para una vez el operario coloca la palma de la mano en la botella.
8. Constante que el operario del equipo cerró la válvula de la pipeta.
9. Verifique que se cambió el sitio del fluido a otra lectura indicada en la parte estrecha de la bureta.
10. Observe si cerró la válvula de entrada del equipo.
11. Verifique que la botella niveladora se coloca encima del orsat
12. Confirme si el operario lee el menisco en la bureta.
13. Verifique que el operario da un tiempo de 4 minutos para leer nuevamente el menisco.
14. Observe si se presenta cambio de lectura en el menisco (rango ≥ 0.2 ml)⁹
15. Si se presenta variación en el rango indica que existe una fuga, por lo tanto, solicite su reparación.
16. Repita el procedimiento descrito en los numerales del 1 al 14.

2. Verificación de los valores de referencia antes de cada muestreo.

Para cada muestreo inicialmente se debe verificar los valores de referencia para una muestra ambiente.

1. Constate que las mangueras estén libres de reactivos, que contaminen la muestra a analizar.
2. Verifique que las divisiones de la bureta son de 0.1ml
3. Si las mangueras presentan evidencia al exterior e interior presencia de reactivos, solicite el cambio por mangueras nuevas.
4. Solicite se lleve a cabo el procedimiento de toma de aire ambiente, para verificar el oxígeno y dióxido de carbono de referencia.
5. Verifique que se tomen 100 ml de muestra de aire ambiente.
6. Verifique que el operario pase 100 ml a la solución absorbente de dióxido de carbono.
7. Registre el valor obtenido, si el dióxido de carbono CO₂ de referencia, no registra cero (0), solicite cambio de reactivo in situ, o de lo contrario suspenda el muestreo.
8. Recuerde que el reactivo tarda 6 a 8¹⁰ horas en estabilizarse para ser usado
9. Los reactivos para el muestreo deben ser preparados con un tiempo superior de entre 6 a 8 horas
10. Verifique que el operario realiza el paso número 6 con la solución absorbente de oxígeno.
11. Registre el valor obtenido, si el oxígeno de referencia no se encuentra dentro del (20.8 $\pm 0.7\%$)¹¹ de O₂, solicite cambio de reactivo in-situ, o de lo contrario suspenda el muestreo.

9 Section 3.2.2 of the Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume III. Stationary Source Specific Methods. EPA- 600/4-77-027b. August 1977. U.S. Environmental Protection Agency

10 Ibidem

11 Section 3.2.2 of the Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume III. Stationary Source Specific Methods. EPA- 600/4-77-027b. August 1977. U.S. Environmental Protection Agency.

12. Si la comprobación de aire ambiente para oxígeno y dióxido de carbono, están dentro de los rangos definidos, se puede autorizar emplear el orsat para determinar la composición de los gases en chimenea.
13. Verificar muestreo del orsat por triplicado, in-situ.

13. MÉTODO EMPLEADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN CHIMENEA - MÉTODOS ALTERNOS

Si emplea un método alternativo¹² tenga en cuenta lo establecido en el método 7E de abril de 2007, para calibrar el equipo empleado para la determinación de gases de combustión.

Para la realización de un muestreo de gases de combustión empleado métodos instrumentales o continuos que emplean analizadores de celdas electroquímicas, o de celda infrarrojo no dispersiva, entre otros, se debe contar con una calibración actualizada, previo inicio del muestreo.

Para el monitoreo con un equipo instrumental, solicite la calibración con los gases patrón.

1. Si emplea un método alternativo, solicite las certificaciones de los gases patrones para cada uno de los contaminantes a evaluar, de otro lado, no olvide verificar la respuesta del equipo a los rangos de respuesta, bajo, medio y alto, estos deben ser calibrados con gases Spam patronados y certificados.
2. Si no presenta la calibración actualizada del analizador instrumental, solicite monitorear por el método de referencia o suspenda el muestreo.
3. Verifique que se realicen tres corridas, in-situ.
4. Una vez cumplido con cada uno de los requisitos descritos anteriormente, si cumplen, puede continuar con el desarrollo del muestreo isocinetico en chimenea o de lo contrario suspende el muestreo y elabore el acta respectiva, identificando claramente las razones de suspensión del monitoreo.

14. MÉTODO EMPLEADO PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN PRELIMINAR

1. Verifique que los burbujeadores se encuentran limpios; de no ser así
2. Solicite que laven la vidrieria con jabón y enjuague con acetona no reactiva
3. Verifique in-situ que el operario agregó al primer y segundo burbujeadores un volumen conocido de agua destilada y registre sus pesos.
4. El tercer burbujeador debe permanecer vacío y al cuarto agregar un peso conocido de sílica gel para lo cual se debe registrar su peso.
5. Verifique el montaje de la vidrieria para la determinación del porcentaje de humedad en los gases de chimenea (método 4 y método 2 para muestreo preliminar)
6. Se debe informar al operario del equipo (consultor) que el método de referencia exige un volumen mínimo de muestreo de 21 pies³ estándar de gas de chimenea.

¹² "Análisis de gas para la determinación de peso molecular del gas seco" (método 3a y 7E) Code Of Federal Regulations CFR 40 Part 60"

7. Verifique que el volumen mínimo de gas que debe ser succionado para determinar la humedad es de 21 pies³ a condiciones normales (0.60 m³ normales)

Nota: Este volumen se debe succionar a una tasa no mayor de 0.75 pies por minuto (0.021 m³/minuto) y por tanto el tiempo neto de succión debe ser mínimo 28 minutos.

15. MÉTODO PARA DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE PARTICULAS DESDE FUENTES ESTACIONARIAS.

1. Verifique que se realizó limpieza de los componentes del tren de muestreo del método 5, después de ser empleados en el preliminar.
2. Verifique in-situ que el operario agrego al primer y segundo burbujeadores un volumen 100 ml de agua destilada, que el tercer burbujeador debe permanecer vacio y que al cuarto se agrego un peso de entre 200 y 300 gr de silica gel.
3. Verifique que durante el montaje del filtro fibra de vidrio en el porta filtro, no se presenta contaminación del mismo.
4. Verifique que el tren de muestreo se ensambló de acuerdo a lo dispuesto en el método.
5. Verifique con el calibrador vernier el diámetro interno de la boquilla a emplear en la realización del muestreo.
6. Previo al inicio de la toma de la muestra se debe realizar prueba de hermeticidad (prueba de fugas) al tren de muestreo..
7. Verifique que la temperatura de la sonda y la caja caliente se encuentre en el rango de 120 +/- 14°C (248+/- 25°F)
8. Verifique la realización del muestreo.

1. Prueba de Hermeticidad (Prueba de Fugas) al Tren de Muestreo

1. Después de ensamblado el tren de muestreo, encienda y ajuste los sistemas del filtro y de la sonda.
2. Deje un tiempo necesario para que la temperatura se estabilice. Si se usa un anillo Viton AO u otra conexión libre de fugas en el ensamblaje entre la boquilla y el revestimiento de la sonda, haga el chequeo de fuga del tren en el sitio de muestreo taponando la boquilla y generando un vacio de 380 mm Hg (15 pulgadas)

NOTA: Puede utilizarse un vacio menor, siempre y cuando este no se exceda durante la prueba.

3. Si no pasa la prueba de hermeticidad, realice los ajustes necesarios en el tren de muestreo, hasta que supere la prueba.

2. Observe la realización del muestreo.

1. Realización del muestreo punto a punto, y en cada línea de puntos transversos. Observar que los datos tomados corresponden a los mostrados por el equipo.
2. Luego que el equipo se enfrió, verifique que el filtro se retira en un ambiente limpio o

126PM04-PR05-I-A5-V5.0 ^{21/22}

- se reserva el portafiltro para la recolección de la muestra en el laboratorio.
3. Verifique la recolección de material particulado presente en el tren de muestreo desde la boquilla hasta el portafiltro y que se realiza el lavado con acetona y se almacenan adecuadamente las muestras para su análisis en el laboratorio.
 4. Verifique la recolección del agua de los burbujeadores y su medición.
 5. Verifique la recolección de la silica gel y su peso.
 6. Solicite la verificación de las variables de calibración $\Delta H@$ y Y , empleando el orificio crítico que mejor represente las condiciones del muestreo realizado.
 7. Solicite la realización del cálculo de Y_c .

5.- Referencias:

U.S. EPA August 1977. The Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems. Volume III. Stationary Source Specific Methods, EPA- 600/4-77-027b US. Environmental Protection Agency Research Triangle Park. N.C.

U.S EPA 2006. 40 Code of Federal Regulation. Part 60. Revised as of July. 2006.