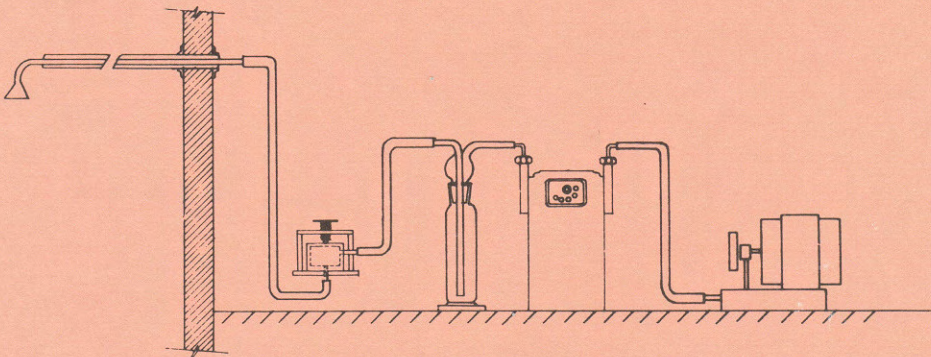


ANEXO I

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO
DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

MANUAL DE OPERACIONES



CEPIS

CENTRO PANAMERICANO DE
INGENIERIA SANITARIA Y
CIENCIAS DEL AMBIENTE



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD - ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

M E T O D O S

1. POLVO SEDIMENTABLE

1.1 Resumen del método

Se deja al aire libre, durante 1 mes, un frasco de plástico. Se traslada luego al laboratorio, se tamiza el contenido para eliminar cualquier trozo grueso, se concentra al baño-maría, se evapora a sequedad y se pesa.

1.2 Instrumental

1.2.1 Toma de muestra:

- a) 2 Frascos de plástico rígido o semi-rígido, de forma cilíndrica o de tronco de cono invertido, con tapa, de aproximadamente 20 cm de ϕ por 25 cm de altura y unos 6 litros de capacidad. Estas dimensiones no son críticas, pero la altura debe ser superior al diámetro. El tamaño seleccionado permite recoger sin problemas 100 a 120 mm. de lluvia al mes; en lugares donde las lluvias sobrepasan habitualmente estos valores debe usarse profundidades mayores, o restringir la boca del frasco en la forma que se indica en 1.6.
- b) 1 Aro metálico, con mango, capaz de sujetar el frasco de plástico.
- c) 1 Soporte para sujetar el aro metálico. Puede ser un poste de madera o metal, el borde de una terraza o tejado, un poste de alumbrado, una antena, etc.

1.2.2 Análisis:

- a) 1 Tamiz, malla No. 20, de 3" de ϕ .
- b) 1 Embudo, de vidrio o plástico, de 10 cm. de ϕ .
- c) 1 Soporte, con anillo de 6 a 8 cm. de ϕ .
- d) 1 Frasco lavador.
- e) 1 Varilla de vidrio con capuchón de goma, para ayudar a traspasar el material recogido.
- f) 1 Vaso (Pyrex o similar) de 800 ml.
- g) 1 Baño-maría.
- h) 1 Cápsula, de porcelana o vidrio, de 120 ml.

i) 1 Estufa secadora.

j) 1 Desecador.

k) 1 Balanza analítica.

1.3 Selección del sitio de muestreo

Debe elegirse un lugar a cubierto de la interferencia de personas extrañas. Muestras tomadas a diversas alturas pueden dar resultados diferentes, por lo que no siempre son comparables. Se sugiere, convencionalmente, que la altura de la muestra no sea inferior a 3 metros ni superior a 10 metros del nivel del suelo. La horizontal que pasa por el borde superior del frasco debe formar, como máximo, un ángulo de 30° con la línea que lo une con el extremo superior del obstáculo más cercano. Si estas condiciones no pueden satisfacerse, por no contar con un lugar apropiado que cumpla con ambas, se podrá aceptar desviaciones de ellas. Debe tenerse presente, sin embargo, que mientras menores sean estas desviaciones más válidas serán las comparaciones que se hagan entre los resultados de diversas estaciones.

Es indispensable asegurarse de que no existen, en las cercanías del sitio de muestreo, chimeneas u otras fuentes de contaminación que puedan ocasionar perturbaciones serias de los valores obtenidos.

Una vez seleccionado el sitio de muestreo se instalará el aro de soporte asegurándose de que la boca del frasco quedará en posición perfectamente horizontal.

1.4 Toma de muestra

1.4.1 El día 10 del mes en que se iniciará el programa se coloca en el soporte un frasco de muestreo, lavado previamente con detergente y enjuagado con agua destilada.

1.4.2 El día 10 del mes siguiente, de preferencia a la misma hora, se saca el frasco y se reemplaza por otro igual.

1.4.3 Se tapa el frasco con la muestra y se lleva al laboratorio.

1.4.4 Se continúa cambiando los frascos el día 10 de cada mes. Esta fecha puede atrasarse o adelantarse, siempre que se tome nota del día en que se hizo el cambio. Con fines de comparación no es conveniente, sin embargo, que haya variaciones de importancia.

1.5 Análisis

1.5.1 Se lava cuidadosamente las paredes del frasco con agua destilada, utilizando un frasco lavador.

1.5.2 Se traspasa el líquido recolectado a un vaso de 800 ml. previamente lavado, filtrándolo para eliminar cualquier trozo grueso, que no se considerará en el análisis, a través de un tamiz de 20 mallas colocado dentro de un embudo de vidrio o plástico.

- 1.5.3 Se lava cuidadosamente el tamiz, mediante el frasco lavador.
- 1.5.4 Se lava el frasco, frotando sus paredes con la varilla para liberar cualquiera partícula adherida.
- 1.5.5 Se traspasa el líquido al vaso.
- 1.5.6 Se coloca el vaso en el baño-maría y se evapora hasta un volumen de 50 ml. o menos.
- 1.5.7 Si por haber recogido aguas de lluvia el líquido total alcanza a más de 500 ml. se evapora previamente una parte, agregando posteriormente el resto.
- 1.5.8 Se prepara de antemano la cápsula de porcelana lavándola cuidadosamente con detergente, enjuagándola con agua destilada, dejándola durante una noche en la estufa a 103/105°C, enfriándola en desecador y pesándola.
- 1.5.9 Se traspasa el líquido concentrado desde el vaso a la cápsula ya preparada, lavando cuidadosamente las paredes y el fondo del vaso mediante el frasco lavador y la varilla.
- 1.5.10 Se evapora casi a sequedad en el baño-maría.
- 1.5.11 Se deja en la estufa a 103/105°C durante toda una noche.
- 1.5.12 Se enfría en desecador.
- 1.5.13 Se pesa.

1.6 Restricción del diámetro superior del frasco de recolección

En las ciudades donde sean habituales, en cualquier época del año, lluvias superiores a 120 mm. de agua caída por mes, se debe restringir el diámetro superior del frasco de recolección, procediendo como sigue:

- 1.6.1 Se adquiere en el comercio local un frasco cilíndrico de polietileno, de aproximadamente 10 cm. de ϕ .
- 1.6.2 Se le corta para dejar un cilindro, abierto por ambos extremos, de 10 a 15 cm. de altura.
- 1.6.3 Se recorta en la parte central de la tapa de uno de los frascos un círculo de diámetro igual al diámetro exterior del cilindro recortado.
- 1.6.4 Se une herméticamente el cilindro recortado a la tapa del frasco, cuidando de que quede en posición perfectamente perpendicular.

1.6.5 Se coloca esta tapa sobre el frasco de recolección y se instala. Esto permitirá recolectar lluvias hasta de 300 mm. mensuales, niveles que no son habituales en las ciudades de la Región.

1.6.6 Al retirar el frasco, al término del período de recolección, se lava cuidadosamente el cilindro adicional, en el terreno mismo, usando el frasco lavador y la varilla con capuchón de goma. Se coloca la tapa sobre un frasco limpio y se le instala para un nuevo período.

1.6.7 Se coloca una tapa sin perforar sobre el frasco con la muestra y se le traslada al laboratorio para continuar como en 1.5.

1.7 Cálculo del resultado

Se calcula el resultado final mediante la fórmula siguiente:

$$\frac{\text{peso neto del material recogido (mg) x 30}}{\text{superficie útil de la boca del frasco (cm}^2\text{) x días de recolección}}$$

1.8 Expresión de los resultados

Los resultados se expresarán en miligramos por centímetro cuadrado por 30 días (mg/cm²/30 días).

1.9 Formularios

Para cada muestra se llenará un ejemplar del Formulario No.1 el que se archivará en la institución que toma la muestra. El resultado se anota en el Formulario No.3, el que se debe llenar por triplicado, conservando una copia en la institución local y enviando las otras a la respectiva Zona o Representación de la OPS, la que hará llegar una al:

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y
Ciencias del Ambiente (CEPIS)
Organización Panamericana de la Salud
Casilla 2117
Lima, Perú.

Se deberá tomar contacto con algún observatorio meteorológico con el objeto de consignar el dato sobre agua caída en el mes.

El Formulario No. 3 incluirá los resultados de todo el programa

2. POLVO EN SUSPENSION

2.1 Resumen del método

Se hace pasar aire, durante 24 horas, a través de un papel filtro. Se determinará la reflectividad de la mancha que se forma de la cual, mediante una curva patrón, se deduce la concentración de polvo en el aire, medida en unidades internacionales de humo normalizado.

Las unidades internacionales de humo normalizado corresponden a una cifra promedio determinada, de acuerdo a mediciones realizadas en Francia e Inglaterra, por la Dirección de Asunto Científicos de la Comisión Europea para la Cooperación Económica. Se prefiere utilizarlas precisamente porque facilitan la comparación internacional. Pueden ser convertidas a unidades absolutas para cada estación mediante un factor de conversión que se determinará en una etapa posterior.

2.2 Instrumental y materiales

2.2.1 Toma de muestra:

- a) 1 embudo de material no absorbente, como cloruro de polivinilo (PVC) o vidrio, de vástago corto, de 3 a 5 cm, de ϕ en la boca y 7 a 8 mm. de ϕ externo en el vástago.
- b) 2 metros de tubería de cobre, fierro o plástico rígido, de 1/2" de ϕ , con hilo en un extremo.
- c) 1 curva de cobre, fierro o plástico rígido, de 1/2" de ϕ , doblada en 90°, con radio de curvatura no inferior a 5 cm.
- d) 8 metros de tubería de PVC, de 1/4" de ϕ interior.
- e) 1 portafiltros.
- f) 1 medidor seco para volumen de gases.
- g) 1 soporte.
- h) 2 pinzas.
- i) 1 bomba de aspiración.
- j) Papel filtro, Whatman No. 1, de 70 mm de ϕ .

Este instrumental se utilizará también para la determinación simultánea del anhídrido sulfuroso (Método No 3), para lo que se complementa con un frasco Drechsel para absorción de gases.

2.2.2 Análisis:

a) 1 Reflectómetro, Evans Electro Selenium Ltd., completo.

b) Curva Patrón

2.3 Selección del sitio de muestreo y montaje de los instrumentos

Se selecciona el sitio de muestreo eligiendo un punto alejado de fuentes de contaminación, que podrían alterar la muestra, y protegido de la interferencia de personas extrañas. Se instala firmemente, a una altura no inferior a 3 metros ni superior a 10 metros sobre el nivel del suelo, un trozo de tubería rígida, terminada en una curva dirigida hacia abajo, que sobresalga aproximadamente 1 metro hacia el ambiente exterior, pasándola a través de una pared o ventana si fuese necesario. Por el interior de la tubería se hace pasar un tubo de PVC de 1/4" de ϕ interior, de una longitud máxima de 6 metros, en uno de cuyos extremos, que debe sobresalir hacia el exterior, se acopla un embudo boca abajo, que impida la entrada de la lluvia.

El otro extremo del tubo de PVC se conecta a la parte inferior del portafiltros, cuya salida superior se une a un frasco Drechsel, para la determinación simultánea del anhídrido sulfuroso, acoplando luego el medidor para gases y finalmente la bomba. Este orden no debe alterarse (Fig. 1). Toda curvatura de las conexiones debe tener un radio no inferior a 5 cm, para evitar turbulencias excesivas que aumentarían la resistencia, y podrían provocar depósitos de polvo si ocurriesen antes del filtro.

2.4 Toma de muestras

2.4.1 Se coloca en el portafiltros una hoja de papel filtro, en posición tal que el aire penetre por la cara más lisa, ajustando para asegurar un cierre hermético.

2.4.2 Se instala el portafiltros de modo que el papel quede en posición horizontal y el aire penetre por la parte inferior.

2.4.3 Se carga el frasco Drechsel con la solución absorbente de SO_2 (Método No 3).

2.4.4 La bomba debe estar ajustada para una succión de aproximadamente 7500 litros por 24 horas (5.2 litros por minuto). Aunque las desviaciones de este valor no tienen demasiada importancia, se debe tratar de evitar que sean superiores a un 10 o/o.

Si la bomba carece de válvula de ajuste de flujo, esto se subsana intercalando entre la bomba y el medidor de gases una unión en forma de Y ó T, de vidrio o plástico. Quedará una entrada libre que se cierra parcialmente mediante un trozo corto de tubo de PVC dotado de una pinza de tornillo, tipo Hofman o similar (Catálogo A. H. Thomas No 3270, por ejemplo). Esto permite una regulación sencilla del flujo.

2.4.5 Se anota en el Formulario No 2, como lectura inicial, lo que esté marcando el medidor para gases.

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

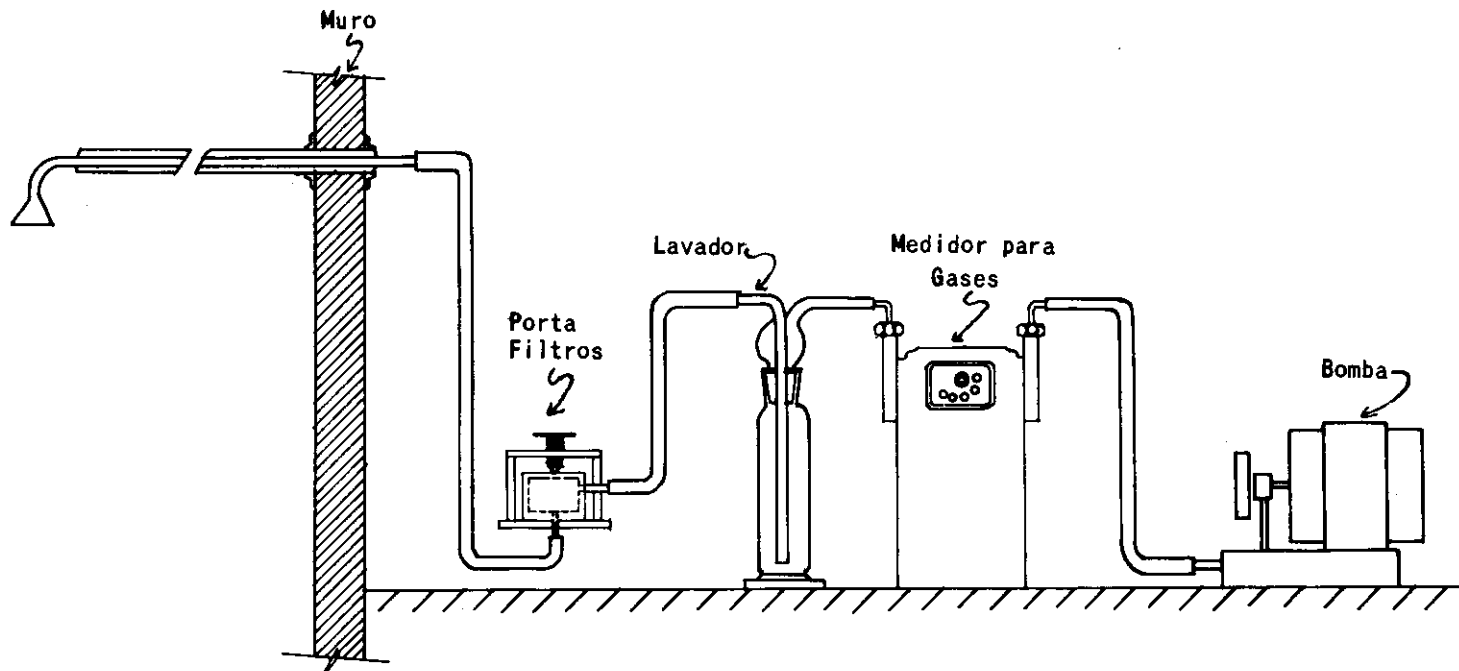


Fig. No. 1

2.4.6 Se pone en funcionamiento la bomba, de preferencia a las 12:00 horas, anotándola en el Formulario No 2.

2.4.7 Al día siguiente, aproximadamente a la misma hora, se para la bomba y, se lee el medidor. Se anota esta cifra como lectura final. Se abre el portafiltros y se saca el filtro usado. En el borde libre de polvo se anota la fecha de ese día, cuidando de no tocar la mancha que se habrá formado, y se guarda en una caja cerrada que evite alteraciones.

2.4.8 Se repiten los pasos 2.4.1 a 2.4.7

2.4.9 Se continúa cambiando el filtro todos los días a la misma hora. Variaciones de algunos minutos carecen de importancia, pero para efectos de comparación no es conveniente que ellas sean muy grandes. Las muestras deberían cambiarse diariamente, incluyendo domingos y festivos. Si esto no fuese posible puede recogerse una muestra integrada de 2 y hasta 3 días, aunque en estos casos pueden formarse manchas demasiado intensas, que inducirían a errores, o evaporarse todo el líquido del absorbedor de SO_2 . Será importante, en todo caso, disponer de algunos valores correspondientes a días sábados, domingos y festivos para analizar las posibles diferencias con los días de trabajo.

2.5 Análisis

2.5.1 Se enciende el reflectómetro con 10 minutos de anticipación para asegurar su estabilidad.

2.5.2 Se coloca una hoja de papel filtro sin usar, con la cara lisa hacia arriba, sobre la parte blanca de la placa de calibración suministrada con el reflectómetro.

2.5.3 Se coloca la máscara del reflectómetro sobre el papel filtro.

2.5.4 Se pone cuidadosamente el detector del reflectómetro dentro de la máscara y se ajusta el control de sensibilidad para una lectura de 100. El detector es la parte más delicada del instrumento y la celda sensible no debería tocarse, mancharse, hacerle marcas de cualquiera especie, ni exponerla a la luz directa del sol. Se debe leer cuidadosamente las instrucciones adjuntas al instrumento y familiarizarse con su empleo antes de hacer cualquiera medición.

2.5.5 Se retira el detector y la máscara y se reemplaza el papel filtro por el que se utilizó para la recolección del polvo, el que se pondrá igualmente sobre la parte blanca de la placa de calibración, con la mancha de polvo hacia arriba.

2.5.6 Se coloca la máscara sobre el filtro usado, cuidando de que su abertura calce sobre el centro de la mancha de polvo. Se coloca el detector dentro de la máscara y se lee la reflectividad (R), la que será menor mientras más intenso sea el color de la mancha. Si se va a leer más de un filtro, se continúa repitiendo sin interrupción los pasos 2.5.5 y 2.5.6, recalibrando cada 10 lecturas.

2.6 Cálculo del resultado

2.6.1 Se calcula el Índice de Obscurecimiento (I) mediante la siguiente fórmula:

$$I = 100 - R$$

2.6.2 Se aplica este valor a la Curva Patrón (Fig. 2) y se lee en las ordenadas la concentración del polvo recogido por cm². de filtro (C).

2.6.3 Se calcula el área (A) de la mancha del papel filtro en cm². Esta es siempre la misma para cada portafiltros y alcanza aproximadamente a 20 cm² para los de bronce.

2.6.4 Se calcula el volumen (V) del aire aspirado, en m³.

2.6.5, Se calcula la concentración del polvo en suspensión en el aire (P) mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{C \times A}{V}$$

2.7 Expresión de los resultados

Los resultados se expresarán en microgramos de humo normalizado por metro cúbico de aire (µg/m³).

2.8 Formularios

2.8.1 Convencionalmente se considerará como fecha de cada muestra la que corresponde al día en que ésta es retirada.

2.8.2 Todos los cálculos se anotarán en el Formulario No 2, que se utilizará también para el Método No 3 y se archivará en la institución local.

2.8.3 Los resultados diarios se pasarán al Formulario No 3.

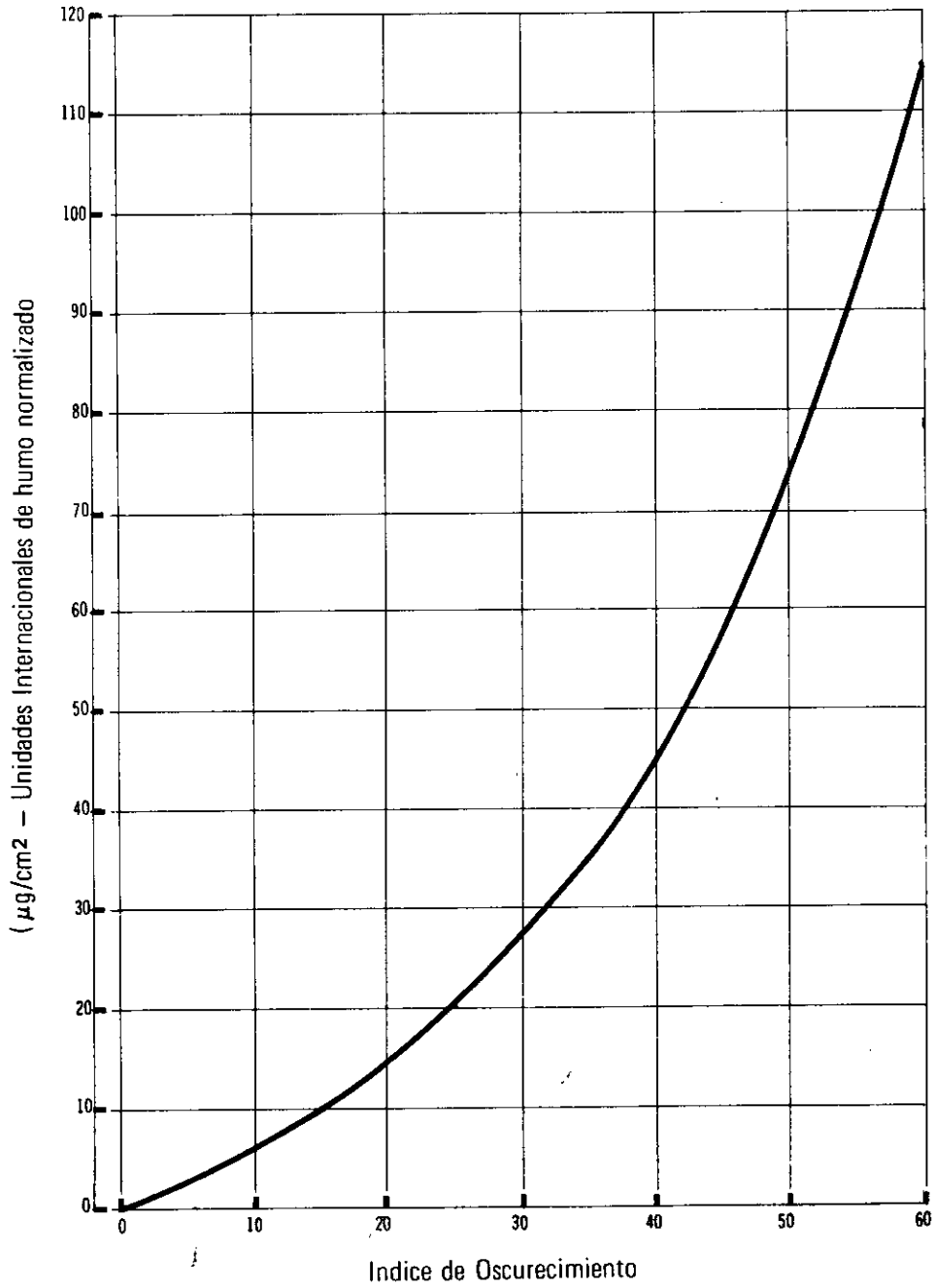
3. ANHIDRIDO SULFUROSO

3.1 Resumen del método

Se hace burbujear aire durante 24 horas a través de un frasco Drechsel que contiene una solución diluida de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). El anhídrido sulfuroso se disuelve en el agua y es oxidado a ácido sulfúrico. Se determina la acidez por titulación con una solución de tetraborato de sodio hasta un pH de 4.5, para evitar la interferencia del anhídrido carbónico.

Fig. Nº 2

CURVA PATRON



3.2 Instrumental y materiales

3.2.1 Para la toma de muestra:

- a) El instrumental utilizado para la recolección de polvo en suspensión.
- b) 1 Frasco Drechsel de 125 ml, completo.
- c) 3 Frascos Drechsel de 125 ml, sólo la parte inferior, sin la tapa tubulada.
- d) 3 Tapones para frasco Drechsel, sin tubos.
- e) 1 Probeta de 50 ml.

3.2.2 Para el análisis:

- a) 1 Frasco gotario para el indicador.
- b) 2 Buretas de 25 ml.
- c) 1 Soporte con pinza doble para buretas.
- d) 2 Cubre-buretas de plástico.
- e) 1 Soporte para secar y guardar el material.

3.2.3 Reactivos preparados:

- a) Indicador B.D.H. "4.5". Da color gris a pH 4.5, que pasa a rosa-naranja al aumentar la acidez y azul si ésta disminuye.
- b) Peróxido de hidrógeno puro, concentrado, para análisis o de uso farmacéutico.
- c) Acido sulfúrico, N/50, en ampollas.
- d) Tetraborato de sodio, N/250, en ampollas.

3.2.4 Reactivos por preparar:

- a) Peróxido de hidrógeno de 1 volumen.
- b) Acido sulfúrico 0.004 N.
- c) Tetraborato de sodio 0.004 N.

3.2.5 Instrumental para preparación y almacenaje de los reactivos:

- a) 1 Botella de vidrio oscuro, de 100 ml.
- b) 2 Erlenmeyer de 200 ml.
- c) 1 Matraz aforado de 500 ml.
- d) 1 Botella de vidrio (Pyrex o similar) de 2500 ml.
- e) 1 Botella de vidrio (Pyrex o similar) o plástico de 500 ml.
- f) 1 Embudo.
- g) 1 Frasco lavador.

3.2.6 Acondicionamiento del material de vidrio.

El material de vidrio, aún el de vidrio "duro" (Pyrex o similar) puede ceder algo de álcali cuando está nuevo, lo que podría interferir con la muestra. Es conveniente, por esto, tratar todo el material nuevo en la siguiente forma:

- a) Se lava con detergente, se enjuaga varias veces con agua potable, tibia de preferencia, y luego 3 veces con agua destilada.
- b) Se llena con HCl 1:1 y se deja en esta forma durante 24 horas.
- c) Se vacía el ácido a su botella, guardándolo para volver a usarlo.
- d) Se enjuaga varias veces con agua potable el material que se está acondicionando, luego 2 veces con agua destilada, se llena con agua destilada y se deja en esta forma durante 24 horas.
- e) Se vacía el agua, se enjuaga una vez más con agua destilada, y se pone a secar en posición invertida si es necesario. El material queda listo para su uso.
- f) Es necesario someter a este tratamiento a cualquiera nueva pieza de material que se va a utilizar, incluyendo frascos Drechsel, botellas, matraces aforados, buretas, etc.
- g) Las probetas, vasos y otro material con el cual sólo hay contacto muy breve no necesitan ser acondicionados y basta con lavarlos con detergente y agua destilada.

3.2.7 Material y reactivos para el acondicionamiento del material de vidrio:

- a) 1 Botella de vidrio (Pyrex o similar) o plástico de 1000 ml.
- b) Acido clorhídrico (HCl) concentrado.
- c) Acido clorhídrico diluído (HCl 1:1) .

3.2.8 Preparación de los reactivos:

- (i) Peróxido de hidrógeno de 1 volumen
 - a) En una botella de vidrio oscuro de 1000 ml, previamente acondicionada, se ponen 1000 ml de agua destilada, utilizando el frasco aforado de 500 ml, y se indica el nivel del líquido mediante una marca permanente.
 - b) Se bota parte del agua, se agrega con una probeta 10 ml de peróxido de hidrógeno de 90 a 100 volúmenes (30%), y se completan los 1000 ml llenando hasta la marca con agua destilada. Se mezcla bien.
 - c) Si no se dispone de H_2O_2 de 90/100 vol. se puede utilizar 15 ml de 60 vol. (20%) ó 30 ml de 30 vol. (10%).
 - d) Se pasa con una probeta 50 ml de la solución recién preparada a un Erlenmeyer de 200 ml. Se agregan 3 gotas de indicador. La solución toma habitualmente color azul. Se lleva a color gris neutro agregando, mediante la bureta correspondiente y midiendo el volumen, ácido sulfúrico 0.004 N. Si toma color rosado se utiliza tetraborato de sodio 0.004 N.
 - e) Se agrega a la botella que contiene el resto de la solución de peróxido 19 veces la cantidad de ácido sulfúrico o tetraborato de sodio 0.004 N que se añadió al Erlenmeyer y se mezcla bien. Se pasa otros 50 ml a un segundo Erlenmeyer y se agrega 3 gotas de indicador. El color debería ser gris neutro, con lo que la solución quedaría lista para ser utilizada. En caso contrario será necesario corregir el pH repitiendo el paso anterior y agregando a la botella 18 veces la nueva cantidad de solución de ácido sulfúrico o tetraborato de sodio 0.004 N utilizada.
 - f) Nunca se debe agregar indicador al total de la solución porque éste reacciona con el peróxido durante un contacto prolongado.
 - g) La solución debe guardarse en un lugar fresco y oscuro, de preferencia en refrigerador. Se mantiene aproximadamente 15 días sin alterarse. Cualquier remanente debe botarse después de ese plazo y preparar una nueva solución.

(ii) Acido sulfúrico 0.004 N

- a) Se coloca un embudo en la boca de un frasco aforado de 500 ml, se corta aproximadamente 1 cm de la parte superior de una ampolla de ácido sulfúrico N/50 y se vacía su contenido en el embudo.
- b) Se lava cuidadosamente con agua destilada tanto la ampolla como la parte superior que se había cortado previamente, enjuagando por lo menos 3 veces con agua destilada y recogiendo todas las aguas de lavado en el embudo.
- c) Se lava cuidadosamente el embudo con agua destilada, recogiendo las aguas de lavado en matraz aforado. Es muy importante que el total del contenido de la ampolla sea recogido en el matraz. Cada gota que se pierda alterará la concentración de la solución final.
- d) Se llena el matraz hasta su marca, se mezcla y se pasa la solución a una botella de 2500 ml, seca o que haya contenido ácido 0.004 N, dejando escurrir bien el aforado.
- e) Se llena otras 4 veces el aforado con agua destilada, enrasando cuidadosamente cada vez hasta su marca, y se traspasa el agua a la botella de 2500 ml, dejando escurrir bien en cada caso. Se agita para mezclar, con lo que la solución quedará lista para ser utilizada.

(iii) Tetraborato de sodio 0.004 N

Se repite las operaciones indicadas en el punto ii a) hasta d), pero utilizando una ampolla de tetraborato de sodio N/250 y envasando en una botella de 500 ml. La solución estará lista para ser utilizada.

(iv) Acido clorhídrico 1:1

Utilizando el matraz de 500 ml se ponen 500 ml de agua destilada en una botella de 1 litro y se agrega lentamente, y agitando, para evitar calentamientos, otros 500 ml de ácido clorhídrico concentrado. La solución queda lista para ser utilizada.

3.3 Selección del sitio de muestreo y montaje de los instrumentos.

Se aplica todo lo dicho en el punto 2.3 del Método No. 2, para polvo en suspensión.

3.4 Toma de muestra

Se aplica a este método lo dicho en el punto 2.4 del Método No. 2, a lo que habría que agregar lo siguiente:

- a) El frasco Drechsel se carga, utilizando una probeta, con 50 ml de solución de peróxido de hidrógeno de 1 volumen.

- b) Se carga simultáneamente otro frasco Drechsel, sin tubuladura, con la misma cantidad de solución, se cierra con tapón y se deja hasta el día siguiente en el mismo lugar donde se está tomando la muestra. Esta solución se utilizará como testigo y patrón de comparación durante el análisis.
- c) Se echa a andar la bomba para tomar simultáneamente las muestras de polvo en suspensión y de anhídrido sulfuroso.
- d) Al parar la bomba al día siguiente se tienen preparados otros 2 frascos Drechsel, sin tubuladura, cargados con 50 ml, cada uno de solución de peróxido. Se saca la tapa tubulada del frasco que estaba instalado, se deja escurrir bien el líquido dentro del frasco, y se instala uno de los frascos nuevos, recién cargados.
- e) Se deja como nuevo testigo el otro frasco recién preparado.
- f) El frasco que ha recogido la muestra y el testigo están listos para el análisis.
- g) Se continúa repitiendo las mismas operaciones todos los días a la misma hora. Si los frascos no pueden cambiarse durante los días festivos, o los fines de semana, puede tomarse una muestra integrada de 2 ó 3 días agregando hasta 80 ml de solución de peróxido para asegurarse de que el frasco no se secará por la evaporación. En épocas de calor, y especialmente en climas secos, esto puede no ser suficiente para más de 2 días. Será importante, en todo caso, disponer de algunos valores correspondientes a sábados, domingos y festivos para analizar las posibles diferencias con los días de trabajo, durante los que se desarrolla un mayor número de actividades.

3.5 Análisis

- a) Se agrega suficiente solución de peróxido de hidrógeno de 1 volumen para llevar el total a aproximadamente 50 ml.
- b) Se agrega 3 gotas de indicador al frasco testigo. Debe aparecer un color gris neutro. Si hay un matiz azul o rosado se lleva a gris con solución de ácido sulfúrico 0.004 N, o de tetraborato de sodio 0.004 N, respectivamente.
- c) Si, de acuerdo al paso anterior, fue necesario agregar cualquier cantidad de solución a la muestra testigo, se agrega exactamente la misma cantidad al frasco con la muestra, añadiendo luego 3 gotas del indicador.
- d) Si aparece un color gris puro, sin matiz, significa que no hay anhídrido sulfuroso en el aire y en el Formulario No. 2 se anotará la cantidad 0.0 ml, como total gastado.
- e) Si, como ocurrirá normalmente, la muestra tiene color rosado, se lleva a gris con tetraborato de sodio 0.004 N. Tanto la lectura inicial como final de la bureta se anotan directamente en el Formulario No. 2. Es preferible no utilizar papeles auxiliares.

- f) Si al agregar el indicador aparece un color azul, esto significa que se ha absorbido algún gas o vapor alcalino, generalmente amoníaco. En este caso se anota "Alc." en el espacio correspondiente a "Total gastado". Si esto ocurre con frecuencia en alguna estación, se le enviará indicaciones especiales.
- g) Una vez terminada la titulación se vacían los frascos Drechsel y se dejan boca abajo en los soportes. No es necesario enjuagarlos.
- h) La titulación debe hacerse, de preferencia, a la luz del día o similar, lo que permite apreciar más fácilmente los diversos matices que pueden presentarse.

3.6 Cálculo del resultado

La concentración de anhídrido sulfuroso se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$SO_2 = \frac{128 \times \text{ml de solución de tetraborato } 0.004 \text{ N}}{\text{volumen de muestra en m}^3}$$

3.7 Expresión de los resultados

Los resultados se expresarán en microgramos de anhídrido sulfuroso por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.8 Formularios

3.8.1 Los cálculos se efectuarán diariamente en la parte correspondiente del Formulario No. 2, el que será archivado por la institución local.

3.8.2 Los resultados diarios se pasarán al Formulario No. 3.

4. INDICE DE CORROSIVIDAD

4.1 Resumen del método

Se expone al aire libre, durante un mes, dos discos de acero normalizados. Se determina el aumento de peso, que corresponde al oxígeno y otras sustancias combinadas para formar óxidos y sales de hierro.

4.2 Instrumental y materiales

4.2.1 Para la toma de muestras:

- a) 4 Discos de acero SAE 1008, pulidos, de aproximadamente 70 mm de ϕ , 2 mm de altura y 90 gr de peso

- b) 1 Pinza.
- c) 1 Soporte con 2 pequeños marcos de madera, abiertos, montados perpendicularmente uno al otro, de modo que se pueda colocar en ellos los cilindros en forma que queden en posición vertical sobre el canto y se apoyen ocultando el mínimo posible de su superficie. El soporte debe llevar una cubierta que proteja de la lluvia sin impedir la libre circulación del aire (Fig. 3)

4.2.2 Para la preparación y manipulación del material y análisis de las muestras:

- a) Botella de vidrio de 500 ml.
- b) Cepillo.
- c) Estufa.
- d) Desecador.
- e) Balanza.
- f) Pincel.
- g) Regla pequeña.
- h) Acido sulfúrico de 90 a 92%, técnico, de buena calidad.
- i) Acido sulfúrico al 10%.
- j) Detergente abrasivo en polvo.
- k) Agua destilada.
- l) Papel absorbente, tipo toalla.
- m) Papel de aluminio, cortado en trozos de aproximadamente 20 x 20 cm.

4.3 Preparación de ácido sulfúrico al 10%

4.3.1 En un vaso de 800 ml se coloca 500 ml de agua destilada.

4.3.2 En una probeta se miden 30 ml de ácido sulfúrico técnico, de 90 a 92%.

4.3.3 Se agrega el ácido al agua, lentamente y revolviendo constantemente con una varilla de

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

122

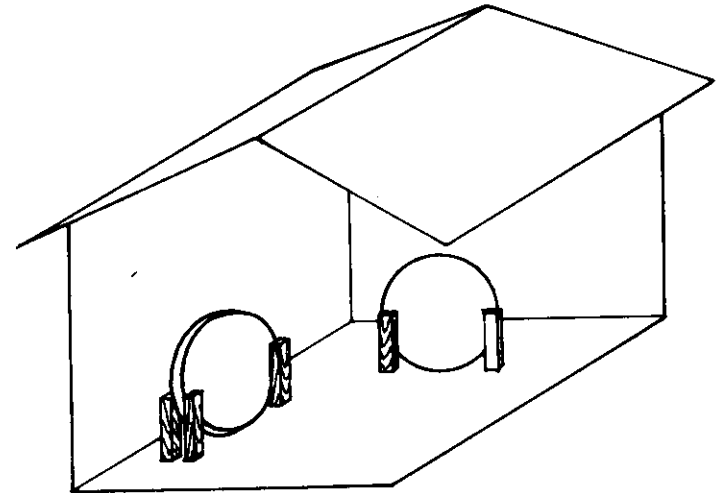
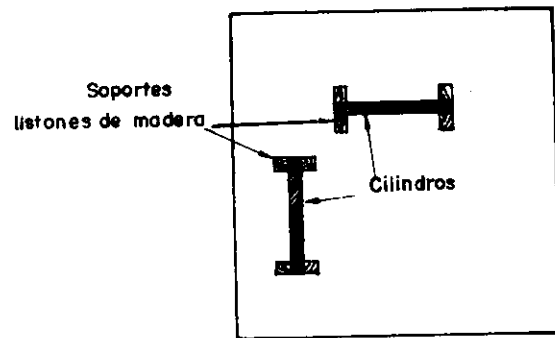


Fig. No. 3

vidrio. La reacción entre el agua y el ácido genera bastante calor. Procediendo en la forma indicada se distribuye este calor en una masa grande y la operación puede hacerse sin problemas.

Nunca debe agregarse el agua sobre el ácido.

4.3.4 La solución preparada se guarda en una botella de vidrio de 500 ml. Se mantiene indefinidamente.

4.4 Preparación previa de los discos.

4.4.1 Se pulen cuidadosamente los discos para eliminar posibles partes rugosas. Es conveniente utilizar para esto los servicios de un taller mecánico de precisión. Se aprovecha esta operación para hacerles una pequeña marca, de preferencia en el canto, que permita identificarlos.

4.4.2 Se miden 2 diámetros perpendiculares de cada disco. Se calcula y anota el diámetro promedio de cada uno.

4.4.3 Se mide la altura de cada disco en 4 puntos de los bordes. Se calcula y anota la altura promedio de cada uno.

4.4.4 Los dos pasos anteriores se repiten cada 6 meses, haciendo las correcciones necesarias cuando se observe alguna diferencia.

4.4.5 Se sumerge los discos de acero durante 10 minutos en ácido sulfúrico al 10%.

4.4.6 Se enjuagan con abundante agua corriente.

4.4.7 Se lavan bien con agua, cepillo y un detergente abrasivo en polvo, como los que se utilizan para la limpieza de utensilios de cocina y que se expenden en el comercio bajo diversas marcas registradas.

En las operaciones siguientes los discos ya no deben tocarse con las manos, para evitar manchas de grasa y transpiración.

4.4.8 Se enjuagan con abundante agua corriente.

4.4.9 Se enjuagan con abundante agua destilada.

4.4.10 Se secan bien con papel absorbente.

4.4.11 Se dejan en una estufa, a 103/105°C, durante por lo menos una hora.

4.4.12 Se enfrían en desecador.

4.4.13 Se pesan. Este valor será el peso inicial de cada disco.

4.4.14 Se envuelven en papel de aluminio y se guardan hasta el momento de ser utilizados.

4.5 Selección del sitio de muestreo

Se aplica lo dicho en 1.3 para las muestras de polvo sedimentable. Se puede colocar ambos muestreadores juntos, utilizando incluso el mismo soporte.

4.6 Toma de muestras

4.6.1 El día primero del mes se colocan 2 discos preparados en los marcos del soporte, tomándolos con pinzas para evitar manchas de grasa o transpiración.

4.6.2 Se dejan al aire libre durante un mes.

4.6.3 El día primero del mes siguiente se retiran los discos con una pinza, se colocan sobre sendos trozos de papel de aluminio, se envuelven y se llevan al laboratorio. Debe cuidarse de evitar que se desprendan escamas de óxidos o sales.

4.6.4 Se coloca en el soporte otros dos discos preparados.

4.6.5 La operación se repite todos los meses, de preferencia el día primero de cada mes y a una hora aproximadamente similar.

4.7 Análisis

4.7.1 Se abre cada papel de aluminio y, sin sacar el disco, se les coloca en una estufa a 103/105°C durante por lo menos 2 horas.

4.7.2 Se enfrían en desecador.

4.7.3 Se pesa el conjunto del disco y papel de aluminio.

4.7.4 Se saca el disco, se limpia el papel de aluminio con un pincel para eliminar el polvo o escamas que pudieran haberse desprendido, y se vuelve a pesar el papel.

4.7.5 Se repiten los pasos 4.4.5 a 4.4.14, con lo que los discos quedan listos para ser utilizados nuevamente.

4.8 Cálculo del resultado

4.8.1 Se calcula el peso final restando el peso del papel de aluminio del peso del conjunto papel más disco.

4.8.2 Se calcula el aumento de peso restando los pesos final e inicial.

4.8.3 Se calcula el resultado final mediante la fórmula:

$$\text{Índice de corrosividad} = \frac{19 \text{ Aumento de peso}}{\text{Diámetro (Diámetro + 2 altura) Tiempo de exposición}}$$

4.8.4 Se emplearán las siguientes unidades:

Aumento de peso	mg
Diámetro	cm
Altura	cm
Tiempo	días.

El coeficiente 19 (diecinueve) resulta de la combinación de los factores necesarios para el cálculo de la superficie total expuesta y la conversión del tiempo de exposición a 30 días.

4.8.5 Se calcula el índice de corrosividad promedio.

4.9 Expresión de los resultados

El índice de corrosividad se expresará en mg/cm²/30 días.

4.10 Formularios

Se utilizará la parte pertinente del Formulario No. 1, que se archivará en la institución que toma la muestra. El resultado final se traspa al Formulario No. 3.

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

FORMULARIO N° 1

A. POLVO SEDIMENTABLE

País _____ Ciudad _____ Estación N° _____
 Muestra correspondiente al mes de _____ de 19 _____
 Frasco de muestreo instalado por _____ con fecha _____
 Retirado por _____ con fecha _____
 Agua caída en el mes _____ mm. Días de exposición _____

Análisis:

Peso de la cápsula y el material recogido _____ g
 Peso de la cápsula _____ g
 Peso del material recogido _____ g = _____ mg
 Diámetro de la boca del frasco _____ cm. Superficie _____ cm²

Cálculo final:

$$\frac{\text{Material recogido (mg)} \times 30}{\text{Superficie (cm}^2\text{)} \times \text{días de exposición}} = \frac{x \times 30}{x} = \text{mg/cm}^2/30 \text{ días}$$

B. INDICE DE CORROSIVIDAD

Análisis:

	<u>1er Disco</u>	<u>2do Disco</u>
Peso del papel de aluminio y el disco	_____ mg	_____ mg
Peso del papel de aluminio	_____ mg	_____ mg
Peso final del disco	_____ mg	_____ mg
Peso inicial del disco	_____ mg	_____ mg
Aumento de peso	_____ mg	_____ mg
Diámetro promedio (D)	_____ cm	_____ cm
Altura promedio (h)	_____ cm	_____ cm

Cálculo final:

$$1) \frac{19 \text{ Aumento}}{D(D + 2h) \text{ días de exp.}} = \frac{19 x}{(+ 2 x)} = \text{mg/cm}^2/30 \text{ días}$$

$$2) \frac{19 \text{ Aumento}}{D(D + 2h) \text{ días de exp.}} = \frac{19 x}{(+ 2 x)} = \text{mg/cm}^2/30 \text{ días}$$

Suma

Promedio _____ mg/cm²/30 día:

Analizado por _____ Revisado por _____

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
 FORMULARIO N° 2
 POLVO EN SUSPENSION Y ANHIDRIDO SULFUROSO - Informe Diario

País Ciudad Estación N°

Temperatura: Máxima Humedad relativa: Máxima
 Mínima Mínima
 Promedio Promedio

Agua caída durante el día de iniciación de la muestra

Toma de muestra

Iniciación: Fecha Día de la semana Hora Operador

Término: Fecha Día de la semana Hora Operador

Tiempo de muestreo: horas = minutos

Lectura del medidor de gases:

Final litros
 Inicial litros

 Volumen de muestra (V) litros

POLVO EN SUSPENSION

Lectura del reflectómetro (R) Area de la mancha de polvo (A) cm²
 Índice de obscurecimiento (I) = 100 - R = $\frac{100}{R}$ - =
 Concentración de polvo, según Curva Patrón (C) µg/cm²

Polvo en suspensión en el aire:

$$\frac{C \times A}{V} = \frac{x}{V} = \dots \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad (\text{Unidades Internacionales de Humo Normalizado})$$

ANHIDRIDO SULFUROSO

Lectura de la bureta:

Anhidrido sulfuroso en el aire

Final ml
 Inicial ml

 $\frac{128 \times S}{V} = \frac{128 \times}{V} = \dots \mu\text{g}/\text{m}^3$

Total gastado (S) ml

Analizado por Revisado por

RED PANAMERICANA DE MUESTREO NORMALIZADO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
 FORMULARIO N° 3
 INFORME MENSUAL

País Ciudad Estación N°
 Ubicación de la estación
 Muestras correspondientes al mes de de 19.....
 POLVO SEDIMENTABLE mg/cm²/30 días CORROSIVIDAD mg/cm³/30 días

<u>Fecha</u>	<u>Día de la semana</u>	<u>Polvo en Suspensión</u> (µg/m ³)	<u>Anhidrido Sulfuroso</u> (µg/m ³)	<u>Temperatura Promedio</u> (°C)	<u>Humedad Promedio</u> (%)	<u>Agua Caída</u> (mm)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
Total
Promedio diario

Preparado por Revisado por