

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS  
NATURALES**

**CONTRATO MARN-BID 1209-OC-ES No.17/2003**

**INFORME FINAL**

**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE  
EN EL GRAN SAN SALVADOR  
AÑO 2004**

**ANTIGUO CUSCATLÁN, 21 DE ENERO DE 2005.**

## **INDICE**

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	<b>i</b>
<b>I. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>II. Antecedentes</b>	<b>2</b>
<b>III. Puntos de Muestreo</b>	<b>3</b>
<b>IV. Metodología para la toma de muestra</b>	<b>4</b>
<b>V. Metodología para el análisis de los contaminantes</b>	<b>5</b>
<b>VI. Aseguramiento de Calidad de los resultados</b>	<b>9</b>
<b>VII. Procedimientos de análisis</b>	<b>10</b>
<b>VIII. Resultados Obtenidos</b>	<b>11</b>
<b>IX. Observaciones</b>	<b>20</b>
<b>X. Discusión de Resultados</b>	<b>21</b>
<b>XI. Conclusiones</b>	<b>23</b>
<b>XII. Anexos</b>	<b>24</b>
<b>1. Métodos de Análisis</b>	
<b>XII. Referencias</b>	<b>32</b>

## RESUMEN

En este informe, se presentan los resultados generados del Monitoreo de la Calidad del Aire del Gran San Salvador del año 2004 que el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES ha efectuado bajo contrato con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN-BID 1209/OC-ES N° 17/2003). Se presentan la descripción de los puntos de muestreo, los métodos de muestreo y de análisis de cada uno de los contaminantes evaluados.

Los resultados obtenidos, muestran una presencia de los contaminantes evaluados en mayor concentración en los puntos ubicados en las cercanías del Hospital de Maternidad y Soyapango, en los que las Partículas Menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ) y el Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) se encontraron superando el valor guía establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y la Organización Mundial para la Salud (OMS) respectivamente, en gran parte del período estudiado, encontrándose valores para  $PM_{10}$  en las cercanías del Hospital de Maternidad entre 27.43 a 114.2  $\mu g/m^3$  y en Soyapango entre 30.75 a 86.56  $\mu g/m^3$ ; para dióxido de nitrógeno los valores encontrados en estos dos puntos oscilaron entre 34.78 a 63.29  $\mu g/m^3$ , y 31.08 a 48.42  $\mu g/m^3$  respectivamente.

El ozono ( $O_3$ ), no presenta problemas de alta concentración, en los puntos donde se evaluó este contaminante.

Las Partículas Totales en Suspensión (TPS), se encontraron en mayor concentración en los puntos ubicados en Santa Elena con valores de concentración de 58.26 a 178.80  $\mu g/m^3$ , y en la Colonia Escalón dichos valores oscilaron entre 34.23 a 90.24  $\mu g/m^3$ .

## **I. INTRODUCCIÓN**

Desde 1996 hasta el 2001, se firmó un convenio entre la Fundación Suiza de Cooperación para el desarrollo Técnico, SWISSCONTACT y la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), el cual tenía como objetivo relacionar los resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire, con las fuentes móviles de contaminación, generando este convenio gran cantidad de información que ha contribuido a la toma de decisiones en cuanto a regulaciones de fuentes móviles y los impactos positivos que estas han tenido sobre el medio ambiente.

Con fecha 16 de diciembre de 2003, se firmó un contrato de prestación de servicios de consultoría entre Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), en el cual FUSADES se comprometió a realizar para el MARN, monitoreos de Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Ozono ( $\text{O}_3$ ), Material Particulado ( $\text{PM}_{10}$ ) y Partículas Totales en Suspensión (TPS), durante 12 meses, en 4 puntos para  $\text{NO}_2$ , y  $\text{PM}_{10}$  y 2 puntos para Ozono ( $\text{O}_3$ ) y TPS en el Gran San Salvador.

Los muestreos se realizaron entre la primera semana de enero y la última de diciembre de 2004, en los puntos ubicados en Santa Elena, las cercanías del Hospital de Maternidad, Soyapango y Colonia Escalón, según el plan de trabajo desarrollado para el año 2004. Siendo este el informe final de dicho contrato.

Una limitación del método utilizado, para medir los contaminantes gaseosos es el tiempo de muestreo, ya que estos no generan resultados continuos como en el caso de analizadores automáticos que pueden ser programados para mostrar resultados en forma continua. Sin embargo, es necesario continuar el Monitoreo tal cual se ha venido realizando hasta poder establecer una red con la que se puedan comparar resultados.

## **II. ANTECEDENTES**

Los principales contaminantes de la atmósfera son las partículas, estas pueden reducir la visibilidad, y si se encuentran asociadas a otros contaminantes aumentan el riesgo en su actuar sobre el medio ambiente. El ozono es un contaminante que puede perjudicar a los materiales orgánicos y sintéticos ya que por su naturaleza es un oxidante muy reactivo. El esmog fotoquímico con altas concentraciones de ozono puede causar lagrimeo. El dióxido de nitrógeno y los hidrocarburos son precursores del ozono y el NPA (nitrato de peroxiacetilo), que se forman por reacciones fotoquímicas en una capa poco profunda de la atmósfera en la superficie terrestre, además los óxidos de nitrógeno son responsables de la lluvia ácida. Estos contaminantes son los más comunes y omnipresentes en los centros urbanos. Cada contaminante afecta el cuerpo humano de forma diferente a continuación se presentan los efectos de los contaminantes mayoritarios:

### **MATERIAL PARTICULADO**

Los efectos principales en la salud y que son causa de preocupación incluyen los efectos en la respiración y el sistema respiratorio, el agravamiento de afecciones respiratorias y cardiovasculares ya existentes, la alteración del sistema de defensa del organismo contra materiales extraños, daños al tejido pulmonar, carcinogénesis y mortalidad prematura.

### **OXIDOS DE NITROGENO**

El NO es un gas altamente reactivo de color pardo rojizo que desempeña un papel importante en la formación de ozono en la troposfera. El NO<sub>2</sub> irrita los pulmones, causa bronquitis y neumonía, reduce la resistencia a las infecciones respiratorias y desempeña un papel importante en la formación de ozono en la tropósfera.

### **OZONO**

Este gas incoloro afecta a niños y adultos sanos además de las personas con problemas en el sistema respiratorio. El ozono reduce la función pulmonar, por lo común en asociación con tos, estornudos, dolor en el pecho y congestión pulmonar. Las concentraciones altas de ozono se asocian a menudo con irritación ocular, aunque la causa de esto puede no ser el ozono mismo.

### **III. PUNTOS DE MUESTREO**

El monitoreo de la calidad de aire, se realizó en cuatro puntos de muestreo los cuales se escogieron por sugerencia de un experto Suizo, quien tomó en cuenta aspectos como la cantidad de vehículos que transitaban por los puntos, vientos, topografía, edificios en los alrededores, además de tomar en cuenta la seguridad de los equipos. A continuación se describen los puntos escogidos para llevar a cabo el monitoreo de la calidad del aire en esta ciudad:

#### **SANTA ELENA**

Ubicado en Autocam (Grupo Q), Urbanización y Boulevard Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad. En este punto se tienen árboles al centro de la vía, el espacio donde se realizan las mediciones es abierto, este punto se escogió en los inicios del monitoreo por contar con bajo flujo vehicular. En un principio este punto tenía las características de zona residencial pero en los últimos años se ha incrementado el comercio en esta zona, elevando así el flujo vehicular. Teniendo acceso únicamente dos líneas de transporte colectivo.

#### **CERCANÍAS DEL HOSPITAL DE MATERNIDAD**

Ubicado en Calle Arce y 25 Avenida Norte. Edificio de tres plantas, rodeado de edificios, cerca del Parque Cuscatlán. Este punto está clasificado como de bajo flujo vehicular pero de alto congestionamiento, ya que el centro de San Salvador está a pocos metros. Acceso y salida de aproximadamente 15 líneas de autobuses y microbuses.

#### **SOYAPANGO**

Ubicado en la Alcaldía Municipal de Soyapango, Calle Roosevelt y 1era. Ave. Sur, Soyapango. Se encuentra en un área industrial, caracterizada por tener una alta densidad poblacional. Se considera como un punto de mediano flujo vehicular, con influencia industrial

#### **COLONIA ESCALON**

Ubicado en Calle Francisco Campos #162, Colonia Escalón, zona residencial, de bajo flujo vehicular. Este punto se considera el de comparación para el resto de puntos ya que es el de menor contaminación debido al tránsito de vehículos que transitan en esta zona.

#### IV. METODOLOGIA PARA LA TOMA DE MUESTRAS.

La selección de puntos de muestreo se realizó con base al objetivo principal del monitoreo de la calidad de aire en cuanto a fuentes móviles se refiere. Así para la selección de puntos de muestreo se contó con la colaboración de un especialista Suizo, quien dió las sugerencias de los puntos seleccionados, tomando en cuenta la topografía del lugar, las barreras naturales, los edificios de los alrededores, el flujo vehicular, las líneas de buses y microbuses que transitan por las zonas.

El muestreo de los contaminantes gaseosos: ozono y dióxido de nitrógeno se realiza por la técnica de difusión pasiva para lo cual se necesitan colectores o tubos pasivos que se colocan en pequeños contenedores hechos de PVC no transparentes con medidas preestablecidas con una fisura inferior y superior de 5 mm para la libre circulación del aire, estos se fijan en columnas o postes como se muestra en la figura 1, con el fin de minimizar la influencia de vientos fuertes, la luz y lluvia, dichos contenedores se exponen en una altura de 2 metros sobre el nivel del suelo en ubicaciones sin restricciones del libre flujo de aire. Los tubos pasivos se colocan sin el tapón inferior.

Los equipos medidores de partículas totales en suspensión y los impactadores de  $PM_{10}$  se colocan dentro de instalaciones que permitan la seguridad de estos, además por requerir de instalaciones eléctricas para su funcionamiento por lo que se trasladan lo más cerca posible a calles o carreteras pero dentro de instalaciones privadas.

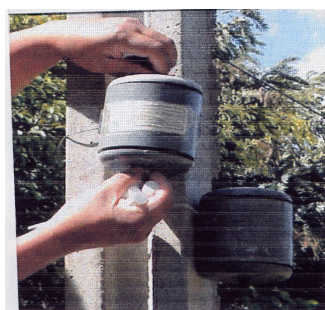


Figura 1. Contenedor para tubos pasivos de ozono y dióxido de nitrógeno utilizados en monitoreo de la calidad de aire.

## V. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LOS CONTAMINANTES

### Contaminantes Particulados

#### Partículas Totales en Suspensión

El equipo utilizado para la determinación de las partículas totales en suspensión es el medidor de alto volumen o “High Vol” (figura 2). Los filtros de fibra de vidrio colocados en él, retienen partículas con diámetros hasta aproximadamente 100  $\mu\text{m}$ , el tiempo de muestreo es de 24 horas. Dicho tiempo garantiza valores representativos, ya que la posibilidad de que los filtros se tapen es mínima en 24 horas y los resultados se pueden comparar con los valores guía diarios estipulados en normas de calidad de aire.

Figura 2. Medidor de Alto Volumen utilizado en la medición de partículas totales en suspensión.



#### Partículas menores a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ )

El equipo para la determinación de las partículas menores a 10 micras se distingue del de TPS por la utilización de un impactador diseñado para la separación de las partículas  $\text{PM}_{10}$  de aquellas con un diámetro mayor a 10 micras.



A continuación se presenta en la figura 3 el diseño y funcionamiento del impactador mini vol, especialmente como se logra la separación de las partículas según su diámetro aerodinámico.

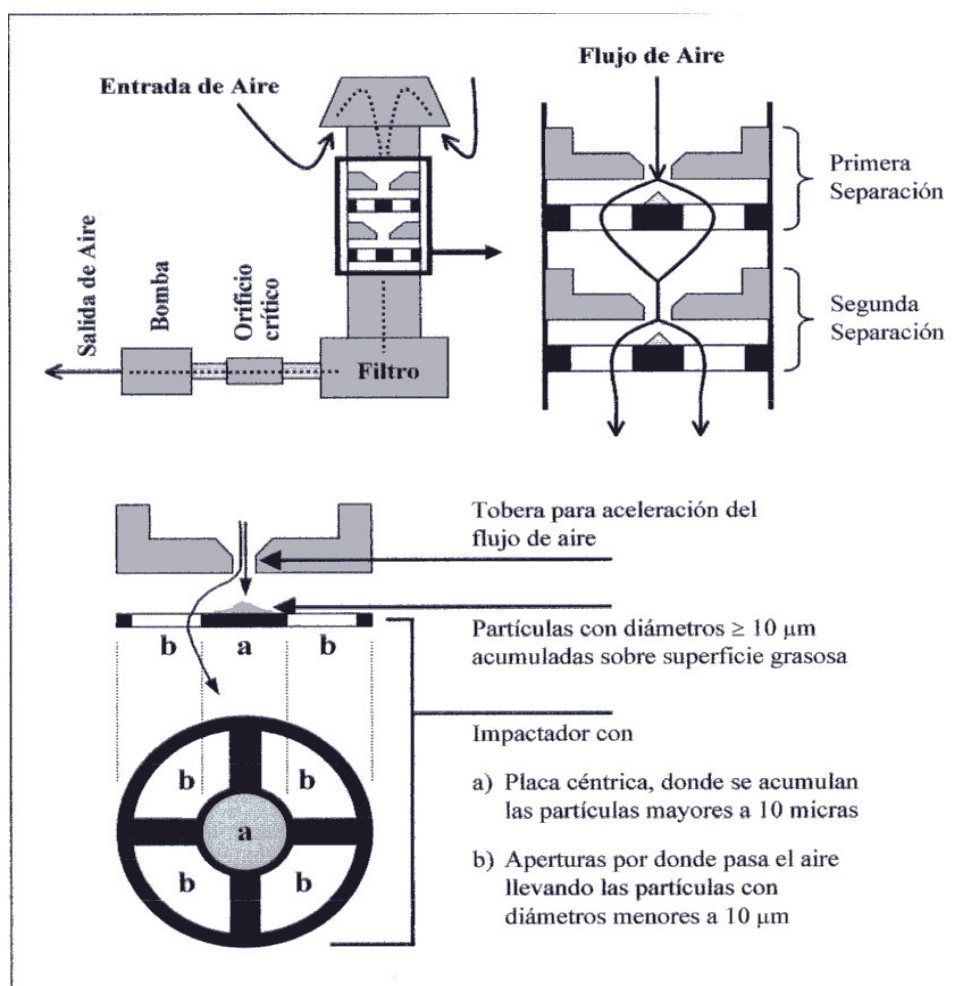


Figura 3 .Diseño y funcionamiento del impactador minivol utilizado en la determinación de  $\text{PM}_{10}$

Además de la unidad de impactación, el equipo para la determinación de  $\text{PM}_{10}$  consiste en una bomba y un orificio crítico. Dicho orificio crítico es un tubo metálico entre la manguera y la bomba lo que se puede observar en la figura 4, el cual por una restricción mecánica garantiza un flujo constante de 4 litros/minuto.

Igual que para la determinación de las TPS, el tiempo de muestreo para  $\text{PM}_{10}$  con el minivol es de 24 horas. Este lapso de tiempo garantiza valores representativos, ya que la posibilidad de que los filtros de teflón se tapen es mínima en 24 horas y los resultados se pueden comparar con los valores guía diarios estipulados en normas de calidad de aire.

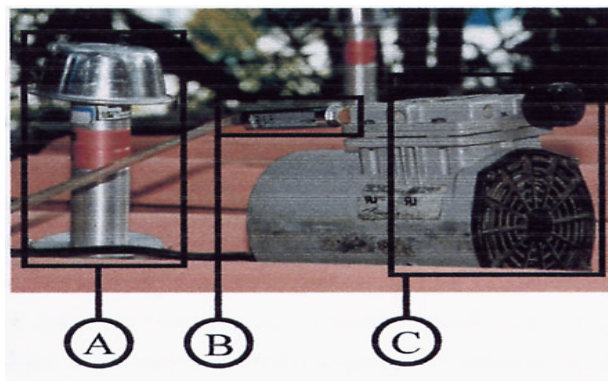


Figura 4. Equipo utilizado para la determinación de partículas menores de 10 micras  $PM_{10}$ . (A: Impactador de partículas, B: Restrictor y C: Bomba)

## Contaminantes Gaseosos

### Métodos Pasivos

Tanto el muestreador utilizado para la determinar el dióxido de nitrógeno como para el ozono estan basados en el método de Palmer, ambos son dispositivos pasivos que no requieren de energía eléctrica para su operación. Los dispositivos tienen la forma de tubos, los cuales colectan las moléculas del contaminante a investigar por difusión molecular a lo largo del tubo inerte hacia un medio absorbente, como se explica esquemáticamente en la figura 5.

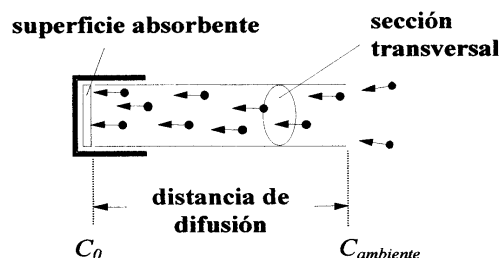


Figura 5. Esquema de la difusión molecular hacia un medio absorbente (difusión pasiva).

Para dióxido de nitrógeno se utiliza un tubo de polipropileno de 9.5 mm de diámetro interno y 7.4 cm de largo, el medio absorbente consiste en tres redcillas de acero inoxidable cargadas de trietanolamina. Luego de la exposición del tubo durante 30 días, se somete al análisis químico por determinación colorimétrica por formación de un diazo compuesto el método utilizado es Griess-Saltzman, al compuesto formado se le lee la absorbancia en un espectrofotómetro a 540 nm con celda de 1.0 cm y se

determina la cantidad captada del contaminante por medio de una curva de calibración.

Para la cuantificación de ozono en cambio se utiliza un tubo de polipropileno de 9.5 mm de diámetro interno y 5.5 cm de largo, con un medio absorbente en forma de un pequeño filtro de fibra de vidrio preparado con el reactivo DPE (1,2di-4piridil-etileno). El ozónido formado se divide y produce un aldehído, cuya cantidad es determinada al final por espectrofotometría molecular con el método MBTH a 442 nm, con celda de 10 cm. El tiempo de exposición de los tubos de ozono es de 7 días. En la figura 6 se muestran los tubos pasivos para la determinación de ozono y dióxido de nitrógeno.



Figura 6. Tubos de difusión pasiva utilizados para la determinación de ozono y dióxido de nitrógeno.

## VI. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS.

El aseguramiento de la calidad se refiere al manejo del proceso completo que lleva a una calidad definida de los datos producidos, mientras que el control de calidad de los resultados del monitoreo de la calidad de aire consiste en las actividades que se llevan a cabo para obtener la exactitud y precisión deseada en las mediciones, como se detallan en el cuadro 1; y se encuentra como referencia en cada uno de los métodos analíticos presentados en el Anexo 1 de este documento como aseguramiento de calidad.

Cuadro 1. Criterios de Calidad para indicadores clave en las determinaciones de contaminantes del aire que aseguran la calidad de los resultados.

Método	Indicador de Calidad	Criterio	Periodo
TPS	Chequeo de balanza con peso conocido	** 0.5 %	6 meses
PM <sub>10</sub>	Chequeo de balanza con peso conocido	** 0.5 %	6 meses
	Flujo de orificio crítico	* 5 %	mensual
Dióxido de Nitrógeno (Tubo Pasivo)	Precisión de tres tubos paralelos	** 10 %	Mensual
	Absorbancia del blanco	< 0.02	Mensual
Ozono (Tubo Pasivo)	Precisión de tres tubos paralelos	** 10 %	Mensual
	Absorbancia del blanco	< 0.15	Mensual

\* diferencia de valor conocido

\*\* desviación estándar

## **VII. PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS**

Los métodos de análisis utilizados para la cuantificación de los contaminantes Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), Ozono ( $\text{O}_3$ ), Partículas Totales Suspendidas (TPS) y Material Particulado menor a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ) se presentan a continuación:

Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y Ozono ( $\text{O}_3$ ) por Métodos de Difusión Pasiva; y Partículas Menores a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ) y Partículas Totales Suspendidas (TPS) por Métodos Gravimétricos, para una comprensión mejor del método empleado referirse al Anexo 1 de este documento.

Los fundamentos para dichos métodos se expresan a continuación

### **PARTICULAS TOTALES SUSPENDIDAS (TPS)**

Incluye todas las partículas hasta 100  $\mu\text{m}$  que se mantienen flotando en el aire durante un cierto tiempo, la medición generalmente se realiza a las 24 horas.

### **PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS ( $\text{PM}_{10}$ )**

Incluye las partículas menores a 10 micras que se mantienen flotando en el aire por un cierto tiempo el cual generalmente se mide a las 24 horas.

### **DIÓXIDO DE NITRÓGENO ( $\text{NO}_2$ )**

Se recolectan las moléculas del  $\text{NO}_2$  por difusión molecular a lo largo de un tubo inerte en un medio absorbente con trietanolamina después de la exposición por 30 días y se cuantifica por Espectrofotometría UltraVioleta Visible a una longitud de onda de 540 nm.

### **OZONO ( $\text{O}_3$ )**

Se recolectan las moléculas del  $\text{O}_3$  por difusión molecular a lo largo de un tubo inerte en un medio absorbente de fibra de vidrio con DPE (1,2 di-4piridil-etileno), después de la exposición por 7 días, el ozónido formado se divide y produce un aldehído el cual se cuantifica por Espectrofotometría UltraVioleta Visible a una longitud de onda de 442 nm.

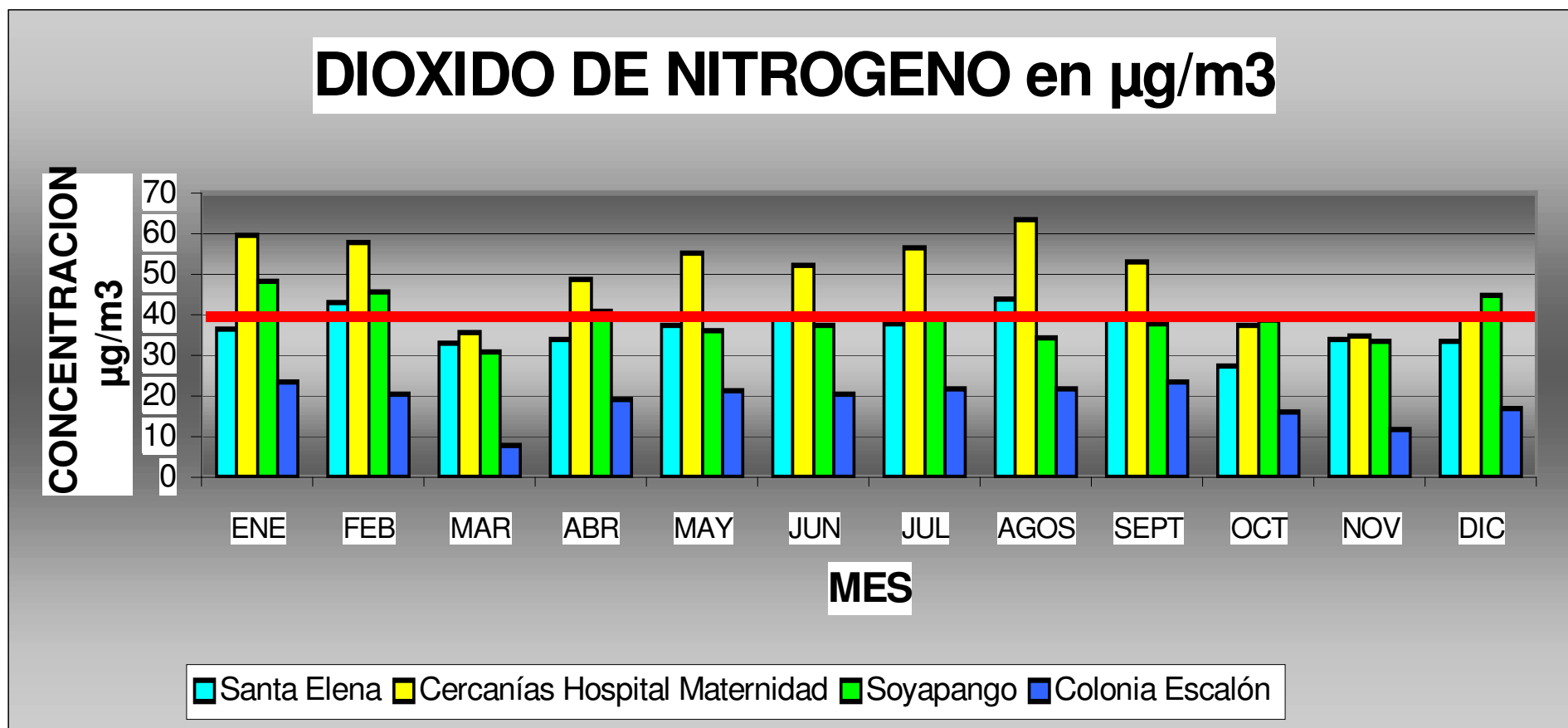
## VIII. RESULTADOS OBTENIDOS

**Cuadro 2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR, AÑO 2004.**  
**DIOXIDO DE NITROGENO (NO<sub>2</sub>) en µg/m<sup>3</sup>.**

SITIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. ANUAL
Santa Elena	36.64	43.03	33.17	33.80	37.52	39.64	38.02	43.85	38.92	27.27	33.76	33.65	36.61
Cercanías Hospital Maternidad	59.52	57.76	35.70	48.69	55.11	52.03	56.72	63.29	53.06	37.3	34.78	39.4	49.45
Soyapango	48.42	45.67	31.08	41.02	36.27	37.31	39.14	34.41	37.75	38.73	33.27	44.98	39.00
Colonia Escalón	23.57	20.27	7.85	19.23	21.28	20.51	21.89	21.53	23.53	16.03	11.95	16.85	18.71
<b>Valor Guía Según OMS</b>	<b>40.00</b>												

**OMS:** Organización Mundial para la Salud

Gráfico 1. Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en el Gran San Salvador para el año 2004 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



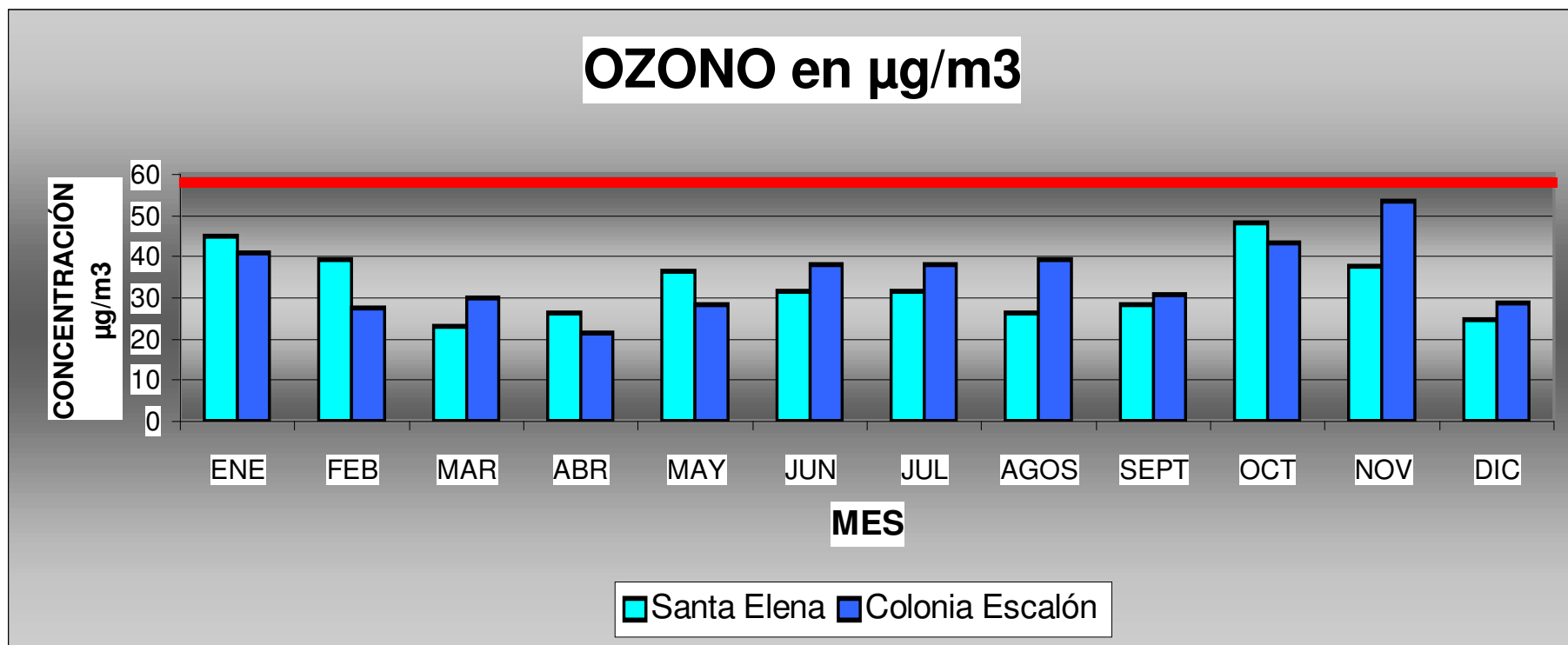
**Cuadro 3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR, AÑO  
2004  
OZONO (O<sub>3</sub>) EN µg/m<sup>3</sup>**

SITIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	PROM ANUAL
Santa Elena	44.88	39.17	22.94	26.22	36.36	31.59	31.59	26.53	28.48	48.16	37.53	24.65	33.18
Colonia Escalón	40.77	27.60	29.89	21.36	28.53	38.06	38.06	39.37	30.66	43.5	53.36	28.87	35.00
<b>Valor Guía Según OMS</b>	<b>60.00</b>												

**OMS:** Organización Mundial para la Salud



Gráfico 2. Concentraciones de Ozono en el Gran San Salvador para el año 2004 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

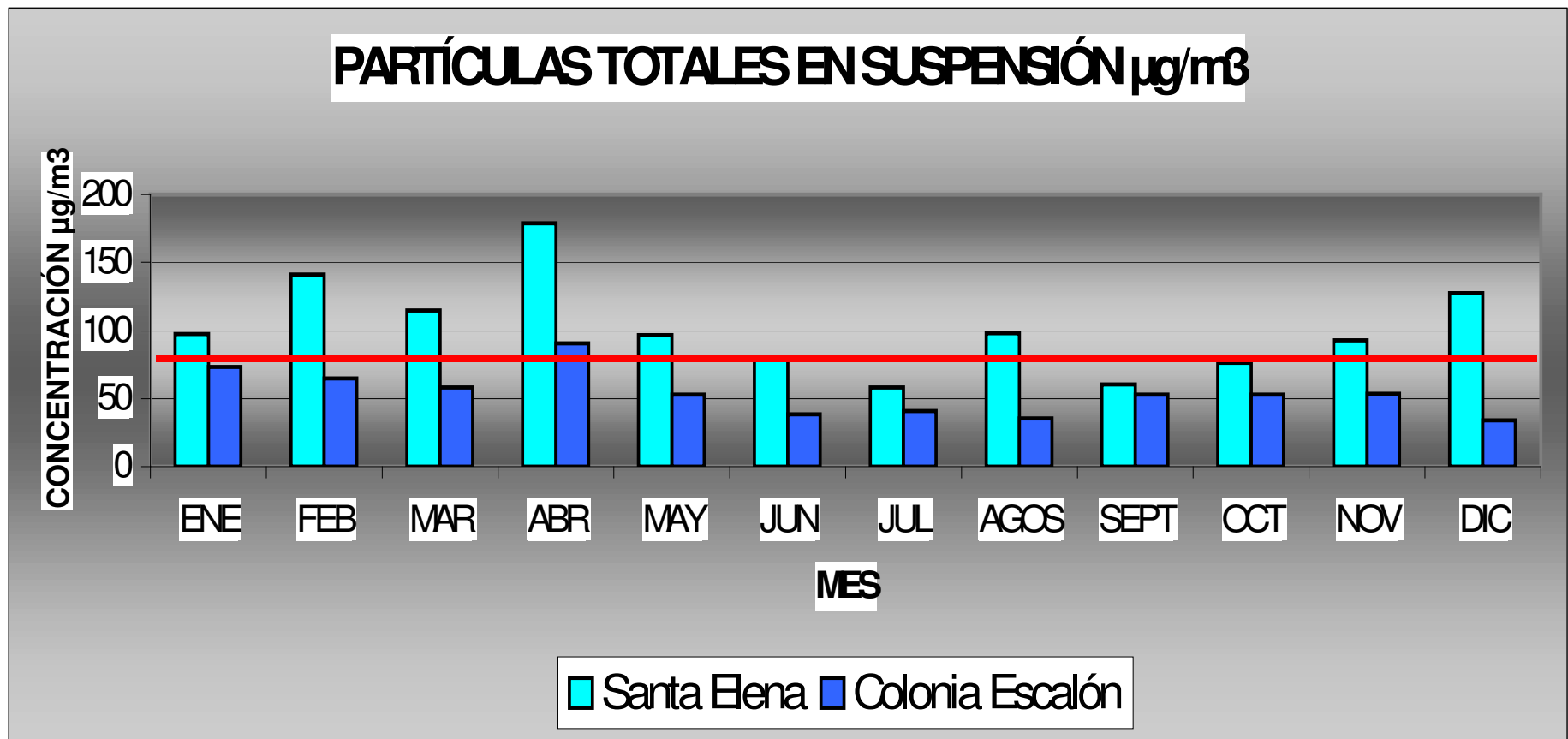


**Cuadro 4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN  
SALVADOR, AÑO 2004  
PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION (TPS) EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

SITIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	97.01	140.99	114.56	178.80	96.64	80.23	58.26	98.06	60.22	76.44	92.71	127.34	101.77
Colonia Escalón	73.28	64.94	57.77	90.24	53.18	38.73	40.94	35.35	52.66	52.78	53.68	34.23	53.98
<b>Valor Guía Según EPA</b>	<b>75.00</b>												

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América).

Gráfico 3. Concentraciones de Partículas Totales en Suspensión en el Gran San Salvador para el año 2004 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

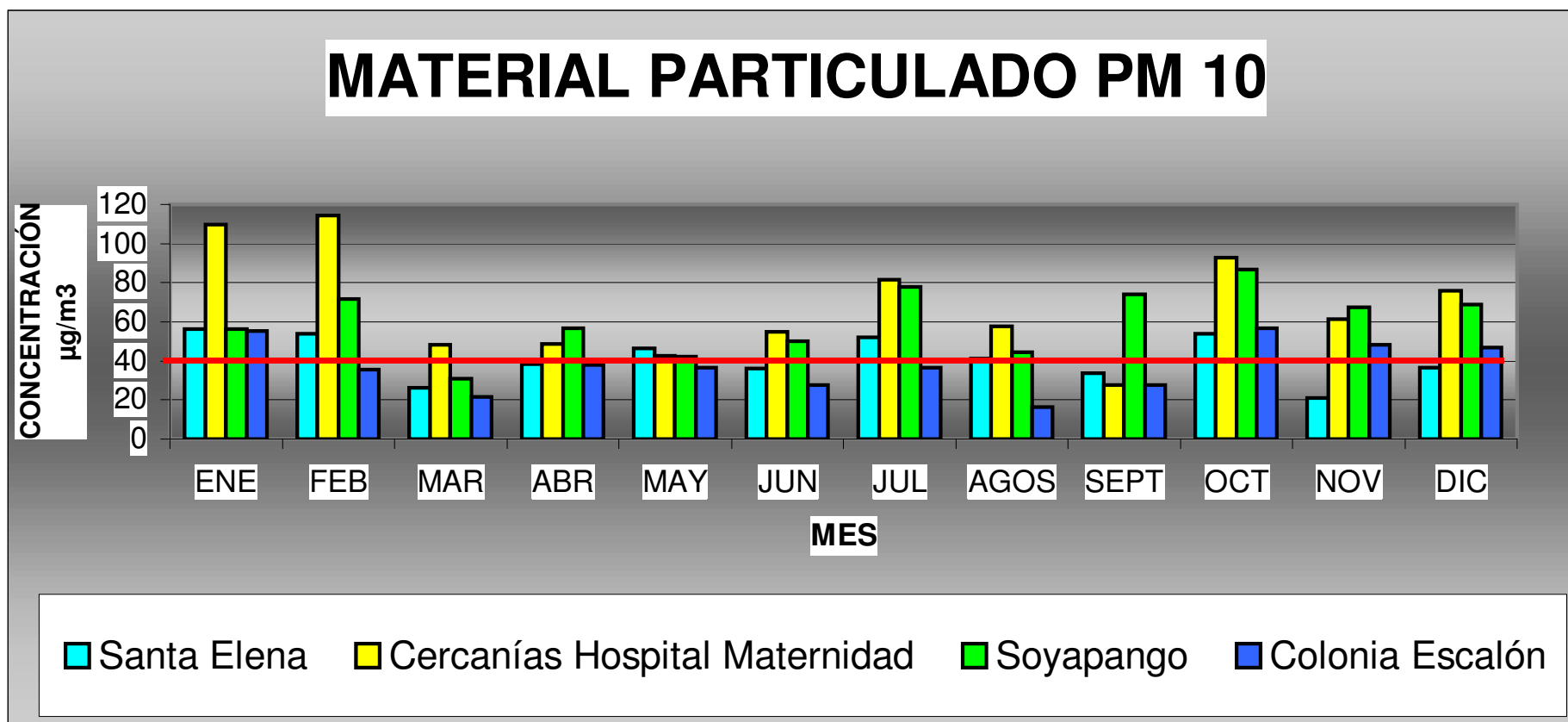


**Cuadro 5. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN  
SALVADOR, AÑO 2004  
MATERIAL PARTICULADO PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup>**

SITIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	56.19	53.98	26.19	38.64	46.25	36.14	52.08	41.12	33.60	53.93	20.96	36.47	41.30
Cercanías Hospital Maternidad	109.65	114.2	48.33	48.61	42.73	54.92	81.51	57.57	27.43	92.95	61.5	75.79	67.93
Soyapango	56.31	71.9	30.75	56.5	42.41	50.21	77.80	44.62	74.08	86.56	67.32	68.85	60.61
Colonia Escalón	55.25	35.74	21.63	38.2	36.50	27.77	36.79	16.45	27.72	56.88	48.40	46.72	37.34
<b>Valor Guía Según EPA</b>	<b>50.00</b>												

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América).

Gráfico 4. Concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> en el Gran San Salvador para el año 2004 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



**Cuadro 6. PROMEDIOS MENSUALES DE LOS CONTAMINANTES DE LA CALIDAD DEL AIRE  
DEL GRAN SAN SALVADOR, AÑO 2004 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

CONTAMINANTE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM ANUAL	VALOR GUIA
<b>NO<sub>2</sub></b>	42.04	41.68	26.95	35.69	37.55	37.37	38.94	40.77	38.32	29.83	28.44	33.72	35.94	40.00
<b>O<sub>3</sub></b>	42.83	33.39	26.42	23.79	32.45	34.83	34.83	32.95	29.57	45.83	45.45	26.76	34.09	60.00
<b>TPS</b>	85.15	102.97	86.17	134.52	74.91	59.48	49.60	66.71	56.44	64.61	73.20	80.79	77.88	75.00
<b>PM<sub>10</sub></b>	69.35	68.96	31.73	45.49	41.97	42.26	62.05	39.94	40.71	72.58	49.55	56.96	51.79	50.00

**Cuadro 7. PROMEDIO ANUAL DE LOS CONTAMINANTES  
POR SITIOS DE MUESTREO EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

SITIO	Dióxido de Nitrógeno	Ozono	TPS	PM 10
Santa Elena	36.61	33.18	101.77	41.30
Cercanías Hospital Maternidad	49.45	----	----	67.93
Soyapango	39.00	----	----	60.61
Colonia Escalón	18.71	35.00	53.98	37.34
Valor Guía	40.00	60.00	75.00	50.00

## IX. OBSERVACIONES

En los informes mensuales, presentados durante el desarrollo del contrato se mostraron las observaciones más relevantes, las cuales influyen en la contaminación del aire. En el cuadro 8, se resumen las observaciones realizadas a lo largo del tiempo de duración de este monitoreo.

**Cuadro 8. OBSERVACIONES AMBIENTALES RELEVANTES**

MES	OBSERVACIONES
Enero	Este mes ha estado influenciado por algunos frentes fríos, la segunda semana de este mes se observó que en la mañana se encontraba nublado y con vientos suaves, al mediodía la temperatura era muy alta
Febrero	En febrero, se tuvo la presencia de frentes fríos pero las temperaturas que se alcanzaron no fueron muy bajas, algo de viento, no característico de esta época del año. En las últimas dos semanas de este mes se han experimentado días calurosos y soleados.
Marzo	Este mes se ha caracterizado por ser muy caluroso; con precipitaciones esporádicas
Abril	En abril los días fueron muy caluroso; en dos ó tres oportunidades se tuvieron lluvias una de ellas muy torrencial
Mayo	En este mes se ha tenido el establecimiento de la época lluviosa a las últimas semanas de este mes, sin embargo algunos días fueron calurosos.
Junio	En este mes se ha tenido el establecimiento de la época lluviosa
Julio	En este mes se han tenido lluvias abundantes, vientos fuertes ocasionales
Agosto	En este mes se han tenido lluvias abundantes, características de la época
Septiembre	En este mes se han tenido lluvias abundantes, características de la época.
Octubre	La cantidad de lluvias se vio disminuida en este mes.
Noviembre	Este mes prevalecieron vientos, época de transición hacia época seca
Diciembre	Este mes prevalecieron vientos, Temperaturas bajas, establecimiento de época seca

## **X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **Dióxido de Nitrógeno**

De acuerdo a los resultados obtenidos de los sitios de muestreo, los valores más altos se reportan en las cercanías del Hospital de Maternidad, en este punto, ocho de los doce meses muestreados, se superó el valor guía establecido por la Organización Mundial para la Salud (OMS). Estos resultados están influenciados por los congestionamientos vehiculares característicos de la zona, el promedio anual en este punto es de  $49.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , representando un 19 % arriba del valor guía, siendo en promedio el único punto que lo supera; se encontró además que los promedios anuales de Soyapango y Santa Elena se encuentran muy cerca del valor de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el punto ubicado en la colonia Escalón (característico de zona residencial), se encontró en menor concentración este contaminante, durante los doce meses analizados, no se superó el valor guía.

### **Ozono**

Este contaminante secundario no superó el valor guía establecido por la OMS de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los dos puntos muestreados durante doce meses, sin embargo es de hacer notar que los meses de enero, octubre y noviembre se encontraron las concentraciones más altas de este contaminante; en Santa Elena como en la Colonia Escalón los promedios anuales fueron similares.

### **Partículas Totales en Suspensión**

En Santa Elena, las partículas totales en suspensión se cuantificaron en mayor concentración durante el período en estudio, en este punto diez de los doce meses estudiados se encontraron superando el valor guía establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US-EPA) de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , incrementando el 36 % de ese valor. En la Colonia Escalón por el contrario solo se encontró uno de los doce meses superando el valor guía.

Es de hacer notar que el comportamiento de este contaminante, esta influenciado en gran parte por el clima en nuestro país, observándose que para la época lluviosa se presentaron los valores más bajos. No puede decirse que los resultados en Santa Elena se han visto influenciados por las edificaciones realizadas en Ciudad Merliot, ya que existen algunas barreras naturales que



impiden la difusión de las partículas a este punto de muestreo, ya que las concentraciones presentadas en esta zona son características de la misma.

### **Material Particulado $PM_{10}$**

De los cuatro puntos muestreados este contaminante se encontró en mayor concentración en las cercanías del Hospital de Maternidad, siguiendo Soyapango donde el promedio anual esta superando el valor guía establecido por la US- EPA de  $50 \mu g/m^3$ , Soyapango es el punto que más veces sobrepaso el valor guía, seguido de las cercanías del Hospital de Maternidad. Santa Elena y la Colonia Escalón en promedio anual no superan el valor guía, sin embargo en los meses de enero, febrero, julio y octubre se superó en Santa Elena y en enero y octubre en la Colonia Escalón.

El material particulado menor de 10 micras, presenta un comportamiento bastante similar al encontrado en las partículas totales en suspensión, con las mismas justificantes mencionadas para estas.

## **XI. CONCLUSIONES**

- De los contaminantes evaluados para este contrato, y con base a los resultados obtenidos se puede inferir que las partículas totales en suspensión y el material particulado ( $PM_{10}$ ) son los principales contaminantes en los puntos monitoreados.
- A nivel de centros urbanos y zonas residenciales, el ozono no presenta problemas de concentración.
- En cuanto a los puntos muestreados se puede decir que el ubicado en las cercanías del Hospital de Maternidad es el que presenta mayor contaminación.

## XII. ANEXOS

### 1. Métodos de Análisis



#### SOP 5.3.2

### Ozono (O<sub>3</sub>)

Método: Difusión pasiva

#### Equipos y Materiales

Solución portadora MBTH	Passam AG, Suiza Fluka # 65875 (3-metil-2-benzotiazolinona hidrazona hidrocloreto)
Acido acético glacial	
Papel filtro de fibras de vidrio	Watman EPM 2000
Agua destilada	< 18 MOhm
Tubos colector de polipropileno	Passam AG, Suiza
(diámetro interno 9 mm, largo 4.9 cm)	
Tubos de ensayo de 5 ml con tapa	
Cámara de secado (25 x 25 x 40 cm)	
Balanza analítica	
Espectrofotómetro UV-visible	

#### Preparación del tubo pasivo

- El filtro de fibras de vidrio se corta en tiras de 11 mm de ancho, las tiras se colocan en un recipiente plano y se mojan con la solución portadora.
- Las tiras cuelgan en una cámara de secado, luego se secan parcialmente durante 30 minutos bajo condiciones ambientales y se cortan en porciones de 10x11 mm.
- Estas porciones se colocan en la ranura del tubo colector, el cual después se cierra con los tapones.

#### Exposición de los tubos

Para cada campaña de medición se guardan tres tubos cerrados (blancos) en la refrigeradora y otros tres se exponen sin destaparlos en uno de los sitios (blancos de campo).

#### Preparación del reactivo de color

- Se pesan 200 mg de MBTH y se agregan 100 ml de ácido acético glacial al 75% (75 ml de ácido acético glacial y 25 ml de agua destilada).

- Se agita la solución y se coloca en un frasco de vidrio ámbar debidamente etiquetado.

#### Análisis de la muestra

- Los tubos quedan expuestos en el sitio de muestreo durante una semana, luego se transfieren al laboratorio.
- Se destapan los tubos colectores, con una pinza se transfiere el papel filtro a un tubo de ensayo de 5 mililitros.
- Se agregan al tubo de ensayo 2 ml del reactivo de color y luego se tapa.
- Los tubos de ensayo se agitan y luego se dejan durante media hora a la temperatura de ambiente, para que el color se desarrolle.
- Los tubos se agitan nuevamente y se dejan otros 20 minutos, luego se determina inmediatamente la absorbancia. *Se recomienda centrifugar los tubos de ensayo después de agitarlos por segunda vez, para garantizar la sedimentación de las fibras que con frecuencia se desprenden del papel filtro.*
- Se mide la absorción a 442 nm en un espectrofotómetro, llevado a cero con una celda de referencia, con agua destilada.

#### Cálculo

La concentración de ozono en microgramos por metro cúbico aire (µg/m<sup>3</sup>) se obtiene con la formula:

$$O_3 [\mu g/m^3] = \frac{(mAbs_{muestra} - mAbs_{blanco})}{0.0255 \cdot t_{muestreo}}$$

Los parámetros requeridos son la miliabsorción (1000 veces el valor de la absorción) de la muestra (mAbs<sub>muestra</sub>) y del blanco (mAbs<sub>blanco</sub>), el tiempo de muestreo  $t_{muestreo}$  en horas y el factor empírico 0.0255. Este factor toma en cuenta la geometría colectora constante más la calibración con aparatos de medición.

¡Atención, se trata de una ecuación empírica, por lo cual NO es posible hacer una balance de las unidades!

### ***Medidas de mantenimiento***

---

Es factible reutilizar los tubos pasivos, siempre y cuando se les dé una buena limpieza, la cual consiste en:

- Acido sulfúrico de cromo (1 x)
- Agua del grifo (3 x)
- Agua destilada (4 x)
- Secar durante 2 horas a 130 °C.

### ***Fechas de vencimiento***

---

Los reactivos utilizados para este análisis se conservan durante el período indicado abajo, si están protegidos de la luz y guardados en refrigeración:

- Reactivo de color: 30 días

El tiempo de vida de los tubos blancos es de 6 meses antes de usarlos.

### ***Aseguramiento de calidad***

---

Para efecto de este informe ver Pág. 9

---

## SOP 5.2.1

# Partículas Totales Suspendidas (TSP)

Método: Gravimetría

### Equipos y Materiales

Medidor de alto volumen	<i>Graseby 2000</i>
Filtros de fibras de vidrio	<i>Tipo A/E, 8" x 10"</i>
Kit de calibración	
Estufa	
Balanza analítica	

### Preparación del filtro

- Utilizando un numerador continuo, codifique el filtro, teniendo mucho cuidado de que este no se contamine o se rompa. Se recomienda confeccionar un portafiltro de papel encerado para cada filtro.
- Después de haber permanecido 24 horas en una estufa a 28 – 30 °C, el filtro se pesa y luego se almacena nuevamente durante un mínimo de 24 horas a la temperatura antes indicada, para eliminar la humedad adquirida por efectos del ambiente.
- Se pesa nuevamente el filtro patrón o de referencia. El objetivo es balancear la ganancia o pérdida de humedad ambiental durante el período de muestreo.
- El filtro de trabajo se coloca dentro de una carpeta o de un portafiltro adecuado, llenando previamente la hoja de muestreo correspondiente, para su traslado posterior al sitio de muestreo. El filtro patrón se deja en el laboratorio bajo condiciones ambientales.

### Exposición del filtro

- Se acciona el medidor de alto volumen durante aproximadamente 5 minutos, con la manguera que conduce al medidor de flujo sin conectar, para purgar el aparato.
- Se conecta la manguera al medidor de flujo y se deja funcionando ~ 5 minutos adicionales, hasta que el flujo se estabilice.

- Se desconecta el medidor de alto volumen, se coloca el papel filtro sobre el portafiltros, se coloca el marco sobre el papel filtro y se cierra la tapa del aparato.
- Se acciona el equipo dejándolo funcionar por 24 horas, anotando el tiempo inicial. Durante los primeros 10 minutos se lee el flujo y se anota el valor promedio observado en este período ( $H_{inicial}$ ).

### Recolección del filtro y análisis

- Al final de la medición de 24 horas, se anota el tiempo final y el flujo final  $H_{final}$ .
- Se desconecta el medidor de alto volumen, el papel filtro expuesto se retira del portafiltros, se dobla en la mitad, para no perder el material particulado recolectado, y se coloca en una carpeta.
- El filtro se coloca en una estufa a 28 – 30 °C o más por 24 horas, para eliminar la humedad ambiental, después se coloca en un desecador durante 30 minutos.
- El filtro se pesa tres veces, del valor promedio se resta luego el peso del filtro de referencia.

### Calibración del equipo

Se utiliza el kit de calibración, el cual contiene cinco platos que ofrecen diferente resistencia al flujo de aire. Dichos platos están provistos de agujeros los cuales van variando en número: 18, 13, 10, 7 y 5. Los pasos de la calibración son:

- Desconectar el motor del controlador de flujo y conectarlo a una fuente de poder estable de corriente.
- Quitar el portafiltros y colocar el kit de calibración: Sujetador de platos, cilindro provisto de agujero donde se conectará la columna de agua (con líquido verde), presionar fuertemente el sujetador con los cuatro tornillos y escuchar que no haya fuga de aire.
- Dejar que el motor se caliente aproximadamente 5 a 10 minutos para que alcance una temperatura de operación normal.
- Realizar un test de escape, cubriendo el agujero sobre la superficie del orificio y presionar la tapa sobre el orificio con la mano, escuchar que no haya fugas. Nunca se debe realizar esta prueba con el manómetro conectado, ya que el líquido del manómetro puede ser derramado dentro del sistema y dañar el motor.
- Conectar el manómetro al cilindro en el orificio con la manguera especial para conexiones con vacío, la cual se

encuentra en el kit de calibración. Dejar el lado opuesto del manómetro abierto (en contacto con la atmósfera).  
**NOTA:** Las dos válvulas sobre el manómetro tienen que estar abiertas para que el líquido fluya libremente, además para leer la diferencia de altura del manómetro.

- Insertar el plato de 18 agujeros y colocar sobre el orificio, enroscar el collar de seguridad y anotar la lectura del manómetro (verde). Este debe mantenerse verticalmente para asegurar lecturas exactas. Registrar las lecturas del flujo continuo (rojo). Repetir este procedimiento con cada uno de los platos.
- Tomar la temperatura del ambiente y la presión barométrica. Registrar en la hoja de control el número de serie del equipo, el día de la calibración y las iniciales del operador.
- Desconectar el motor de la fuente de poder y remover el kit de calibración. Conectar nuevamente el motor al controlador de flujo.

Cada una de las cinco lecturas del manómetro [ $"H_2O$ ; en pulgadas de agua] se convierten en el respectivo flujo  $Q_a$  [ $m^3/min$ ] mediante la siguiente ecuación:

$$Q_a [m^3/min] = \frac{\sqrt{["H_2O"] \cdot (P_a/P_n) \cdot (T_n/T_a)} - b}{m}$$

Los parámetros requeridos son la pendiente  $m$  y el intercepto  $b$  de la curva de calibración estándar del equipo, luego presión actual ( $P_a$ ; en mmHg) y temperatura actual ( $T_a$ ; en grados Kelvin) a la cual se ha hecho la calibración, además presión normal ( $P_n = 760$  mmHg) y temperatura normal ( $T_n = 298$  grados Kelvin).

De igual forma debe ser corregido el flujo  $I$ :

$$IC = [I] \cdot \sqrt{(P_a/P_n) \cdot (T_n/T_a)}$$

Hacer la regresión lineal de  $Q_a$  versus  $IC$  y calcular pendiente, intercepto y coeficiente de correlación de la curva. El coeficiente de correlación debe ser mayor que 0.990 para que la calibración sea calificada como buena, si es menor que este valor realizar nuevamente la calibración.

*Se recomienda someter el equipo trimestralmente a una calibración o cada vez que se cambie alguna parte del motor.*

## Cálculo

De la lectura inicial ( $H_{inicio}$ ) y final ( $H_{final}$ ) del flujo se obtiene el promedio  $\Delta H$ , el cual se convierte por medio de la curva de calibración en el flujo de aire succionado durante el muestreo ( $Q_{real}$ ; en  $m^3/min$ ).

$$\Delta H = \frac{H_{inicio} + H_{final}}{2}$$

Las partículas totales suspendidas en microgramos por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ) se calculan de la siguiente manera:

$$TSP [\mu g/m^3] = \frac{(P_{final} - P_{inicio})}{Q_{real} \cdot t_{muestreo}}$$

Los parámetros requeridos son el peso inicial ( $P_{inicio}$ ) y final ( $P_{final}$ ) del filtro en microgramos ( $\mu g$ ), y el tiempo de muestreo  $t_{muestreo}$  en minutos.

El filtro expuesto luego se dobla en la mitad, se coloca en un sobre de papel, se etiqueta y se coloca en la estufa adecuada para eliminar humedad. Así quedan almacenado para cualquier análisis posterior.

## Medidas de mantenimiento

Dependiendo del uso del equipo, se recomienda someterle a una limpieza general cada dos meses.

## Aseguramiento de calidad

Para efecto de este informe ver Pág. 9

## SOP 5.2.2

# Partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

Método: Gravimetría

## Equipos y Materiales

Equipo MiniVol:	
Bomba THOMAS	607CA32C
Orificio crítico (4 litros/min)	
Unidad de impacción	Air Diagnostics
Filtros de teflon, Ø 37 mm	TefSep Z99WP03750
Cajas petri	
Estufa	
Microbalanza analítica	
Flujómetro	

## Preparación del filtro

- Utilizando un numerador continuo, codifique el filtro, teniendo mucho cuidado de que este no se contamine o se rompa. ¡No tocar o manipular directamente los filtros! Se recomienda confeccionar un portafiltro para cada filtro.
- Después de haber permanecido 24 horas en una estufa a 28 – 30 °C, el filtro se pesa y luego se almacena nuevamente durante un mínimo de 24 horas a la temperatura antes indicada, para eliminar la humedad adquirida por efectos del ambiente.
- Se pesa nuevamente el filtro patrón o de referencia. El objetivo es balancear la ganancia o pérdida de humedad ambiental durante el periodo de muestreo.
- Después de haber llenado la hoja de muestreo correspondiente, se utiliza la caja petri para transportar el filtro debidamente montado en el portafiltro al sitio de muestreo. El filtro patrón se deja en el laboratorio bajo condiciones ambientales.

## Exposición del filtro

- Se coloca el filtro con su portafiltro en la unidad de impacción, siguiendo la dirección del macho en la parte

superior, sobre el soporte (también conocido como PADS de Millipore, tipo AP10).

- El equipo MiniVol debe estar colocado en una superficie plana y estable.
- Se acciona el equipo dejándolo funcionar por 24 horas, anotando el tiempo inicial.

## Recolección del filtro y análisis

- Se anota el tiempo final de la medición de 24 horas.
- El filtro expuesto se retira del portafiltro con una pinza, se coloca dentro de una caja petri y se etiqueta.
- La caja petri con el filtro se coloca en una estufa a 28 – 30 °C o más por 24 horas, para eliminar la humedad ambiental, después se coloca en un desecador durante 30 minutos.
- El filtro se pesa tres veces, del valor promedio se resta luego el peso del filtro de referencia.

## Calibración del equipo

El flujo  $Q_{\text{real}}$  (m<sup>3</sup>/min) de cada orificio crítico se controla mensualmente. Para efectuar este chequeo, el flujómetro se conecta al equipo, dejándolo encendido durante por lo menos 5 minutos.

## Cálculo

Las partículas PM<sub>10</sub> en microgramos por metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>) se calculan de la siguiente manera:

$$PM_{10} [\mu\text{g}/\text{m}^3] = \frac{(P_{\text{final}} - P_{\text{inicio}})}{Q_{\text{real}} \cdot t_{\text{muestreo}}}$$

Los parámetros requeridos son el peso inicial ( $P_{\text{inicio}}$ ) y final ( $P_{\text{final}}$ ) del filtro en microgramos (µg), el flujo real ( $Q_{\text{real}}$ ) y el tiempo de muestreo  $t_{\text{muestreo}}$  en minutos.

El filtro expuesto luego se coloca en un sobre de papel pergamino, se etiqueta y se coloca en la estufa adecuada para eliminar humedad. Así quedan los filtros almacenados para cualquier análisis posterior.

### ***Medidas de mantenimiento***

---

- El impactador debe estar bien limpio. Con un gotero depositar aceite mineral liviano en la superficie de la placa céntrica del impactador, luego utilizar toallas de papel fino para limpiar el exceso del aceite mineral.
- Asegurarse que el flujo sea constante, dar limpieza al equipo y procurar que cuando los filtros son pesados (antes y después del muestreo), en la balanza esté el eliminador de estática.
- Dar una vez al mes tratamiento especial a la unidad de impacción. Sumergir los impactadores en una solución de detergente suave que tenga una temperatura entre 40 y 50 °C.

### ***Aseguramiento de calidad***

---

Para efecto de este informe ver Pág. 9



### SOP 5.3.1

## Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Método: Difusión pasiva

### Equipos y Materiales

Trietanolamina	
Acetona	
Sulfanilamida	Fluka 86090
N-1 naftiletilendiamina (NEDA)	Fluka 70720
o- ácido fosfórico	Fluka 79620
Solución estándar NO <sub>2</sub> 1000 ppm	Merck
NaNO <sub>2</sub> (grado analítico >99%)	
Agua destilada	< 18 MOhm
Tubos colector de polipropileno (diámetro interno 9.5 mm, largo 7.4 cm)	Passam AG, Suiza
Tubos de ensayo de 5 ml con tapa	
Balanza analítica	
Espectrofotómetro UV-visible	

### Preparación del tubo pasivo

- Se mezclan 1 parte de trietanolamina con 8 partes de acetona.
- Se sumergen las tres redcillas de acero (superficie de absorción) en este líquido, luego se secan con papel de filtro.
- Las redcillas se colocan en los tubos colectores, entre el tubo y la tapa blanca de teflon.

### Preparación del reactivo de color

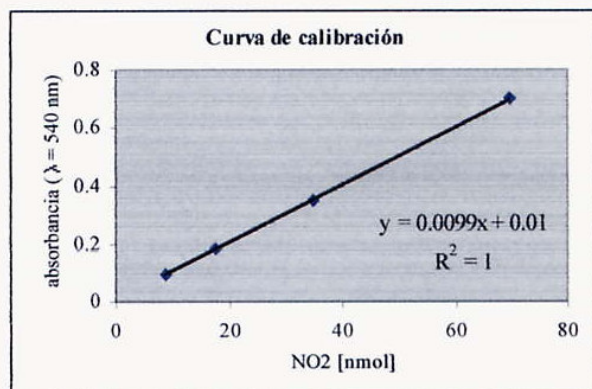
- **Solución A:** Se disuelven 2 gramos de sulfanilamida en 5 ml de ácido fosfórico 85%. Diluir a 100 ml con agua destilada. Calentar el líquido hasta que hierva.
- **Solución B:** Se disuelven 70 mg de N-1 naftiletilendiamina (NEDA) en 50 ml de agua destilada.
- Después de enfriar la solución A hasta temperatura ambiente, las soluciones A y B se combinan (1:1) y el reactivo está listo para usar en 24 horas. El reactivo de color se mantiene estable durante un mes, si está protegido de la luz y guardado en refrigeración.

### Calibración

- **Solución patrón:** Se recomienda utilizar el estándar (líquido) de NO<sub>2</sub> 1000 ppm de Merck, el cual contiene 1000 mg NO<sub>2</sub> en 1000 ml, lo que es equivalente a 1 mg NO<sub>2</sub>/ml. En caso de no disponer de este estándar, la solución patrón se produce disolviendo 1.5 gramos NaNO<sub>2</sub> (grado analítico >99%) en 1 litro de agua destilada.
- **Solución estock:** 10 ml de la solución patrón se diluyen en 250 ml agua destilada, lo que da una concentración de 40 µg NO<sub>2</sub>/ml (= 40 ng NO<sub>2</sub>/µl). Proteger la solución de la luz y guardarla en refrigeración. La misma se mantiene estable por 90 días.
- **Preparar la curva de calibración:** 10, 20, 40 y 80 µl se combinan respectivamente con 4 ml del reactivo de color. 20 µl son iguales a 0.8 µg NO<sub>2</sub> por muestra.

#### Ejemplo

µl por 4 ml react. de color	µg NO <sub>2</sub> /4ml	nmoles NO <sub>2</sub> (en 4 ml)	absorbancia
10	0.4	8.7	0.097
20	0.8	17.4	0.183
40	1.6	34.8	0.353
80	3.2	69.6	0.701



### Análisis de la muestra

- Remueva la tapa, traslade las tres redes con una pinzeta a un tubo de ensayo y agregue 4 ml del reactivo de color. Tape el tubo de ensayo y agite. Deje pasar 15 minutos para que se desarrolle el color.
- Se lee la absorbancia de las soluciones de la curva de calibración y de las muestras a 540 nm utilizando un es-

pectrofotómetro, llevado a cero con una celda de referencia, conteniendo el blanco (agua destilada con la que se preparó la curva de calibración y el reactivo de color).

### ***Cálculo***

---

Del gráfico de calibración se obtienen los nanomoles de NO<sub>2</sub> colectados por el muestreador y luego la concentración de dióxido de nitrógeno en microgramos por metro cúbico aire (µg/m<sup>3</sup>).

$$\text{NO}_2 [\mu\text{g}/\text{m}^3] = \frac{[\text{nanomoles}] \text{NO}_2 \bullet 46 \bullet 1000}{0.9047[\text{ml}/\text{min}] \bullet \text{horas} \bullet 60}$$

### ***Medidas de mantenimiento***

---

Es factible reutilizar los tubos pasivos, siempre y cuando se les dé una buena limpieza, la cual consiste en:

- Acido sulfúrico de cromo (1 x)
- Agua del grifo (3 x)
- Agua destilada (4 x)
- Secar durante 2 horas a 130 °C.

### ***Fechas de vencimiento***

---

Los reactivos utilizados para este análisis se conservan durante el período indicado abajo, si están protegidos de la luz y guardados en refrigeración:

- Reactivo de color: 30 días
- Solución stock para curva de calibración: 90 días

El tiempo de vida de los tubos blancos es de 6 meses antes de usarlos.

### ***Aseguramiento de calidad***

---

Para efecto de este informe ver Pág.9

### **XIII. REFERENCIA**

1. Manual de Laboratorio, Monitoreo del Aire, Programa Aire Puro, Swisscontact, 2001, 85p.