

**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS
NATURALES**

CONTRATO MARN-BID 1209-OC-ES No 13/2007

INFORME FINAL

**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE
EN EL GRAN SAN SALVADOR
AÑO 2007**

ANTIGUO CUSCATLÁN, 07 DE DICIEMBRE DE 2007.

INDICE

	Página
Resumen	1
I. Introducción	2
II. Antecedentes	3
III. Puntos de Muestreo	6
IV. Metodología para la Toma de Muestra	10
V. Metodología para el Análisis de los Contaminantes	11
VI. Aseguramiento de Calidad de los resultados	15
VII. Procedimientos de Análisis	16
VIII. Resultados Obtenidos	17
IX. Observaciones Ambientales Relevantes	30
X. Discusión de Resultados	31
XI. Conclusiones	32
XII. Referencias	33

RESUMEN

En este informe se presentan los resultados del monitoreo de la calidad de aire del Gran San Salvador correspondiente al año 2007, el cual fue efectuado por el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES bajo contrato con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN-BID **1209-OC-ES**), donde se establece que el monitoreo se efectuará hasta el mes de noviembre. En este se presenta la descripción de los puntos de muestreo y los métodos con los que se ha realizado, además de una serie de datos que contribuyen a la evaluación ambiental del área metropolitana.

Los resultados obtenidos, muestran la presencia de los contaminantes evaluados en todos los puntos monitoreados, sin embargo en algunos puntos no se superan los valores guía establecidos por la agencia de protección del medio ambiente (EPA) y por la organización mundial para la salud (OMS).

El dióxido de nitrógeno se encontró en mayor concentración a lo largo del periodo evaluado en las cercanías del Hospital de Maternidad, superando en todo momento el promedio mensual. En la colonia Escalón, este parámetro se encontró por debajo del valor guía

El ozono contaminante secundario, se encontró en los puntos monitoreados a lo largo del periodo por debajo del valor guía para este parámetro, es de hacer notar que para los meses de abril y mayo se notó un incremento en la concentración de ozono.

Julio, agosto y octubre fueron los meses en los que las partículas totales en suspensión se encontraron por debajo del valor guía para el punto de monitoreo de la Colonia Escalón, en el punto de Santa Elena únicamente en septiembre se encontró un valor por debajo del valor guía.

El material particulado PM 10 se encontró con mas frecuencia superando el valor guía en las cercanías del Hospital de Maternidad, siguiendo el punto de Soyapango.

I. INTRODUCCIÓN

El contrato firmado en diciembre de 2003 por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), se fue extendiendo hasta noviembre de 2007, en este último año el MARN, demandó los servicios de resultados de análisis de la Calidad de Aire en el periodo de enero a marzo, presentando un informe inicial correspondiente al primer trimestre, para luego continuar mes a mes hasta completar el periodo establecido. En dicho contrato, el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES realizó para el MARN, monitoreos de Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Ozono (O_3), Material Particulado (PM_{10}) y Partículas Totales en Suspensión (TPS), en 4 puntos para NO_2 , y PM_{10} y 2 puntos para Ozono (O_3) y TPS en el Gran San Salvador.

Los muestreos se realizaron entre la primera semana de enero y la última de noviembre de 2007, en puntos ubicados en Santa Elena, las cercanías del Hospital de Maternidad, Soyapango y Colonia Escalón, según el plan de trabajo desarrollado para el año 2007 y entregado en el informe inicial de este proyecto. Siendo este el informe final de dicho contrato.

Los resultados obtenidos están limitados por los métodos utilizados, 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, mientras no se establezca una red con la que se puedan comparar resultados este tipo de monitoreo seguirá arrojando datos valiosos para el estudio de la calidad del aire.

En este informe, se presenta una serie de antecedentes generales sobre los contaminantes de la atmósfera, así como también se enfatiza en aquellos que se monitorearon en este contrato; además se habla sobre los puntos de muestreo, las metodologías de la toma de muestras de los contaminantes evaluados y se presenta un cuadro sobre el aseguramiento de la calidad realizado en este contrato. Los resultados de los contaminantes evaluados se presentan en cuadros, además de mostrarlos en forma gráfica, la discusión de los resultados y las conclusiones destacan aquellos contaminantes encontrados en concentraciones mayores a los valores guía.

Este informe contiene similar información a la presentada en el informe final de los años 2005 y 2006 en lo que corresponde a Antecedentes, Puntos de Muestreo, Metodología para el Análisis de Contaminantes, Aseguramiento de Calidad de los Resultados y Procedimiento de Análisis, ya que se sigue el mismo procedimiento de análisis que en los años citados.

II. ANTECEDENTES

La atmósfera es esencial para la vida por lo que sus alteraciones tienen una gran repercusión en el hombre y otros seres vivos y, en general, en todo el planeta. Es un medio extraordinariamente complejo y la situación se hace todavía más complicada y difícil de estudiar cuando se le añaden emisiones de origen antropogénico en gran cantidad, como está sucediendo en estas últimas décadas. Nuestras actividades, incluso la más normal y cotidiana, dan origen a contaminación. Cuando usamos electricidad, medios de transporte, metales, plásticos o pinturas; cuando se consumen alimentos, medicinas o productos de limpieza; cuando se calienta la comida o el agua; etc. se producen, directa o indirectamente, sustancias contaminantes.

Una atmósfera contaminada puede dañar la salud de las personas y afectar a la vida de las plantas y los animales. Pero, además, los cambios que se producen en la composición química de la atmósfera pueden cambiar el clima; producir lluvia ácida o destruir el ozono, fenómenos de una gran importancia global. Se entiende la urgencia de conocer bien estos procesos y de tomar las medidas necesarias para que no se produzcan situaciones graves para la vida de la humanidad y de toda la biosfera.

La contaminación del aire procede, de los sistemas de transporte, las grandes fuentes de emisiones industriales y las pequeñas fuentes de emisiones en el campo; pero no debemos olvidar que siempre, al final, estas fuentes de contaminación dependen de la demanda de productos, energía y servicios que hacemos el conjunto de la sociedad.

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 smog 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 azufre (SO_3) y nitrógeno (NO_2), reaccionan con facilidad con la humedad atmosférica para formar los ácidos sulfúrico H_2SO_4 y nítrico HNO_3 respectivamente. Estos permanecen disociados en la atmósfera y le imparten características a la lluvia de 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

Las partículas de la atmósfera provienen de diversos orígenes, entre los cuales podemos mencionar la combustión de diesel en fuentes móviles, los combustibles fósiles, la mezcla y aplicación de fertilizantes y agroquímicos, la construcción de caminos, la fabricación de acero, la quema de rastrojos y malezas y estufas a leña.

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 monóxido de nitrógeno (NO) es un gas altamente reactivo de color pardo rojizo que desempeña un papel importante en la formación de ozono en la troposfera.

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un oxidante que unido a la hemoglobina produce meta hemoglobina y que en concentraciones altas causa bronquiolitis obliterante, fibrosis bronquiolar y efisema. Cuando se da una combinación de ozono y dióxido de nitrógeno se produce estrés oxidativo en los pulmones, especialmente en las vías aéreas pequeñas y en la región centriacinar. El estrés oxidativo también puede incrementar, en forma indirecta, la formación de iones superóxidos, peróxido de hidrógeno y otros oxidantes que son producidos por fagocitosis de las células, especialmente macrófagos alveolares y leucocitos polimorfonucleares.

OZONO

Entre los 19 y los 23 kilómetros por sobre la superficie terrestre, en la estratosfera, un delgado escudo de gas, la capa de ozono, rodea a la Tierra y la protege de los peligrosos rayos del sol. El ozono se produce mediante el efecto de la luz solar sobre el oxígeno y es la única sustancia en la atmósfera que puede absorber la dañina radiación ultravioleta (UV-B) proveniente del sol. Este delgado escudo hace posible la vida en la tierra.

Las pérdidas de ozono en la alta atmósfera hacen que los rayos UV-B incrementen los niveles de ozono en la superficie terrestre, sobre todo en áreas urbanas y suburbanas, alcanzando concentraciones potencialmente nocivas durante las primeras horas del día.

El ozono de baja altura puede causar problemas respiratorios y agravar el asma, así como también dañar a los árboles y a algunos cereales.

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.

En el año 2007 los promedios anuales de Dióxido de Nitrógeno en los diferentes puntos reflejan un comportamiento bastante similar a los obtenidos en los años 2004, 2005 y 2006, cabe destacar que en el punto ubicado en las cercanías al Hospital de Maternidad en los tres últimos años se sobre pasa el valor guía de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los valores promedio de este contaminante en Santa Elena y en Soyapango se encuentran muy cerca de este valor guía.

En cuanto a los promedios anuales de ozono, estos son muy similares, encontrándose mas alto en la Colonia Escalón.

Las Partículas Totales Suspendidas, se encontraron superando el valor guía de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Santa Elena durante casi todo el periodo muestreado y en la Colonia Escalón, se encontró que solo en los meses de julio, agosto y octubre no sobre pasó los $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, observándose resultados muy similares para los promedios en los sitios monitoreados.

El material particulado PM 10, es uno de los contaminantes mas peligrosos para el ser humano ya que puede introducir al organismo otros contaminantes asociados a las partículas como sulfatos, manganeso, cadmio, bacterias, hongos, etc. Dentro del estudio realizado desde 2004 este contaminante se ha presentado superando el valor guía en los puntos monitoreados, el punto con mas frecuencias en superar el valor guía ha sido las cercanías del Hospital de Maternidad, lugar donde los recién nacidos de El Salvador tienen su primer encuentro con la naturaleza del aire que de adelante tendrán que respirar.

III. PUNTOS DE MUESTREO

Se continuaron monitoreando puntos establecidos en Santa Elena, las cercanías del Hospital de Maternidad, Soyapango y Colonia Escalón, los cuales se ubican en la figura 1

Ubicación General



Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

A continuación se detallan las coordenadas y las vistas de los puntos de muestreo las cuales fueron tomadas de google/earth.

Sitio	COORD_N (Latitud N)	COORD_W (Longitud W)
Santa Elena	13°40'10.28"	89°15'19.11"
Maternidad	13°42'07.86"	89°12'16.99"
Soyapango	13°42'14.54"	89°09'09.61"
Colonia Escalón	13°42'23.39"	89°14'01.15"

Entre las características climáticas y edáficas que presenta San Salvador se encuentra una temperatura media anual de 23 °C, una precipitación pluvial promedio de 146.17 mm. El promedio diario de permanencia de luz solar es de 12.18 horas; la velocidad media anual del viento en de 7.8 Km/h; con un rumbo dominante hacia el norte y una velocidad máxima absoluta de 115.9 Km/h. La presión atmosférica promedio anual es de 943.1 milibares. San Salvador tiene una altura de 650 metros sobre el nivel del mar.

SANTA ELENA

Ubicado en las instalaciones de FUSADES, Urbanización y Boulevard Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, a una altura de 850 msnm. En este punto se tienen árboles al centro de la vía, el espacio donde se realizan las mediciones es abierto. 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. En los alrededores de este punto existen colonias, un Hotel, talleres de reparación de vehículos y centros comerciales.

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 79 Av. Norte y 7ª Calle Oriente # 4051 Colonia Escalón, zona comercial, de mediano flujo vehicular.

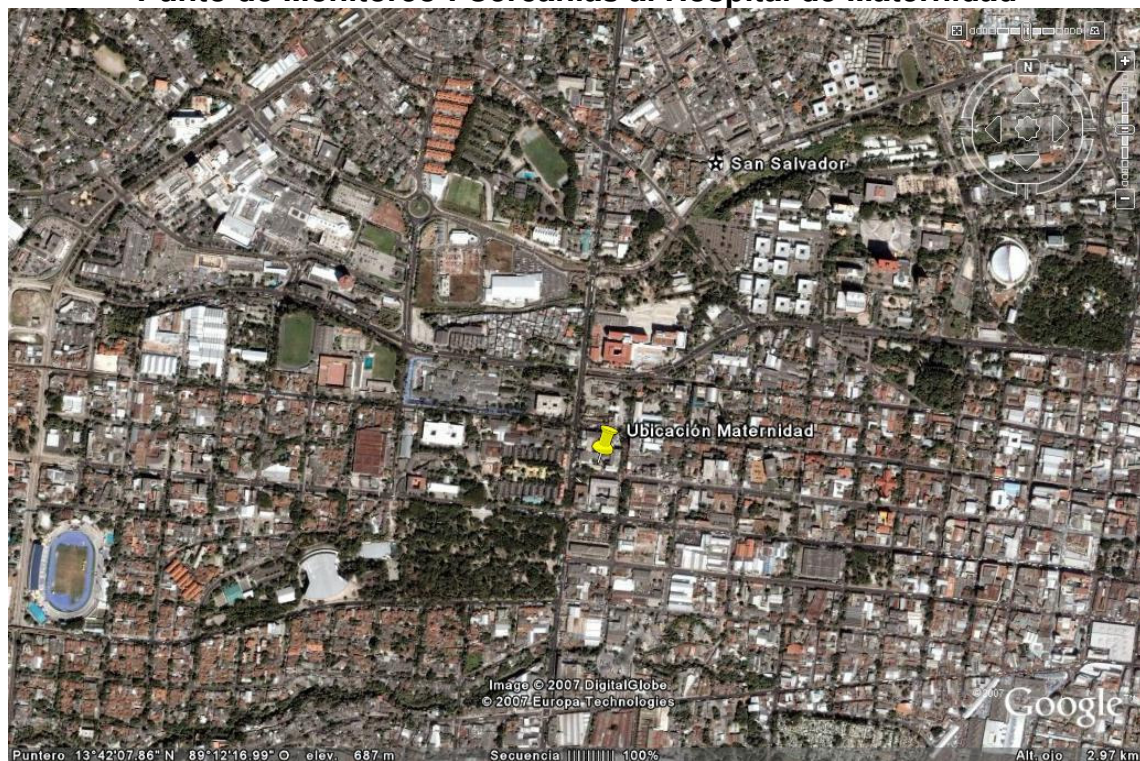
A continuación se detallan las coordenadas y las vistas de los puntos de muestreo las cuales fueron tomadas de google/earth.

Sitio	COORD_N (Latitud N)	COORD_W (Longitud W)
Santa Elena	13°40'10.28"	89°15'19.11"
Maternidad	13°42'07.86"	89°12'16.99"
Soyapango	13°42'14.54"	89°09'09.61"
Colonia Escalón	13°42'23.39"	89°14'01.15"

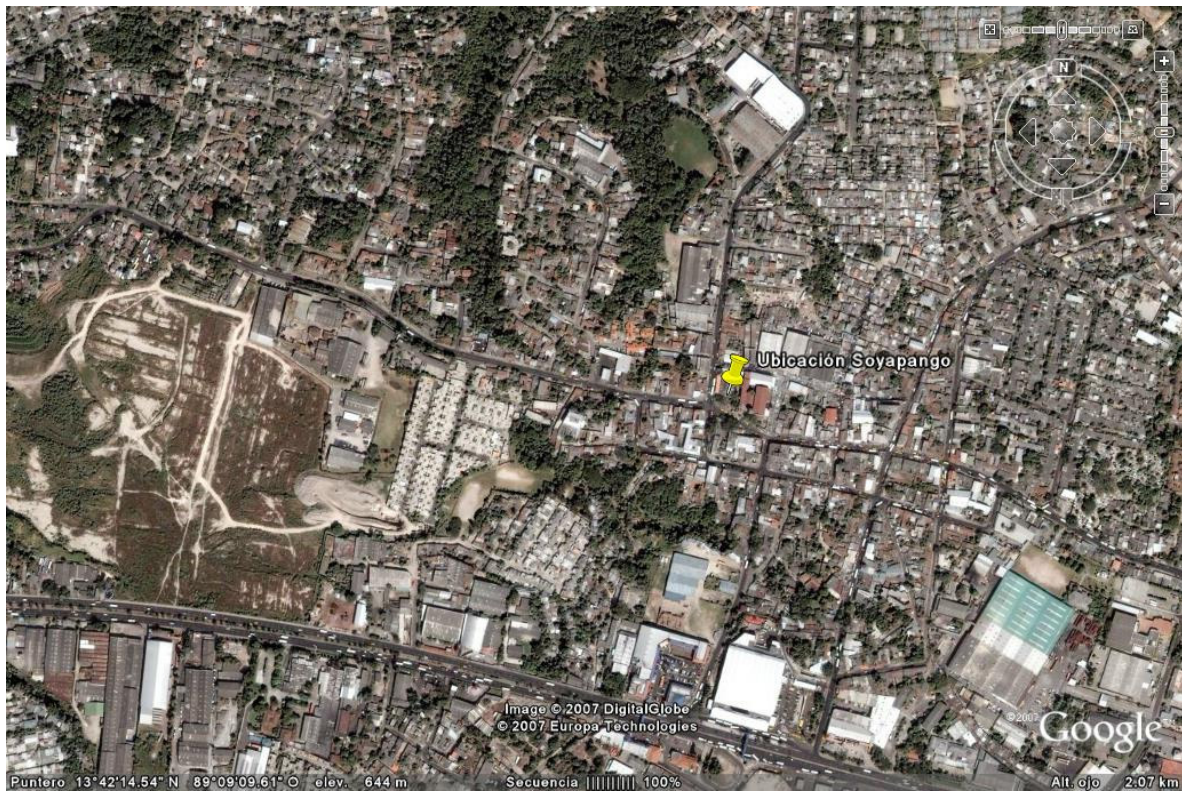
Punto de Monitoreo : Santa Elena



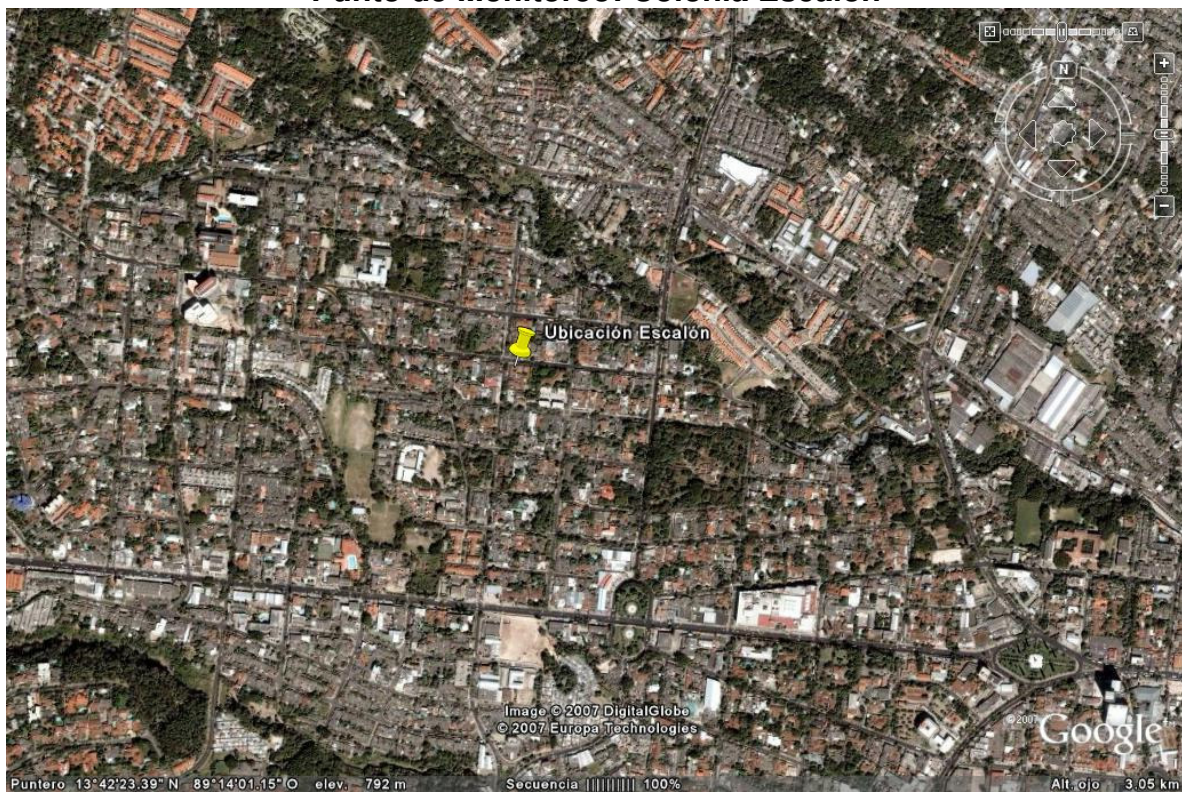
Punto de Monitoreo : Cercanías al Hospital de Maternidad



Punto de Monitoreo: Soyapango



Punto de Monitoreo: Colonia Escalón



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 dio 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 2, 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.

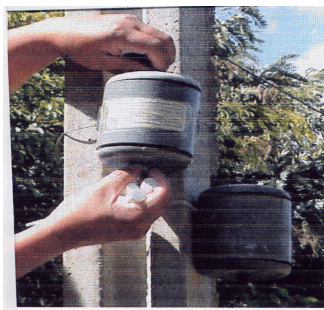


Figura 2. Contenedor para tubos pasivos de ozono y dióxido de nitrógeno utilizados en monitoreo de la calidad de aire.

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 3). Los filtros de fibra de vidrio colocados en él, retienen partículas con diámetros hasta aproximadamente 100 μm , 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 3. Medidor de Alto Volumen utilizado en la medición de partículas totales en suspensión.

Partículas menores a 10 micras (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 PM_{10} de aquellas con un diámetro mayor a 10 micras.

A continuación se presenta en la figura 4 el diseño y funcionamiento del impactador mini vol, especialmente como se logra la separación de las partículas según su diámetro aerodinámico.

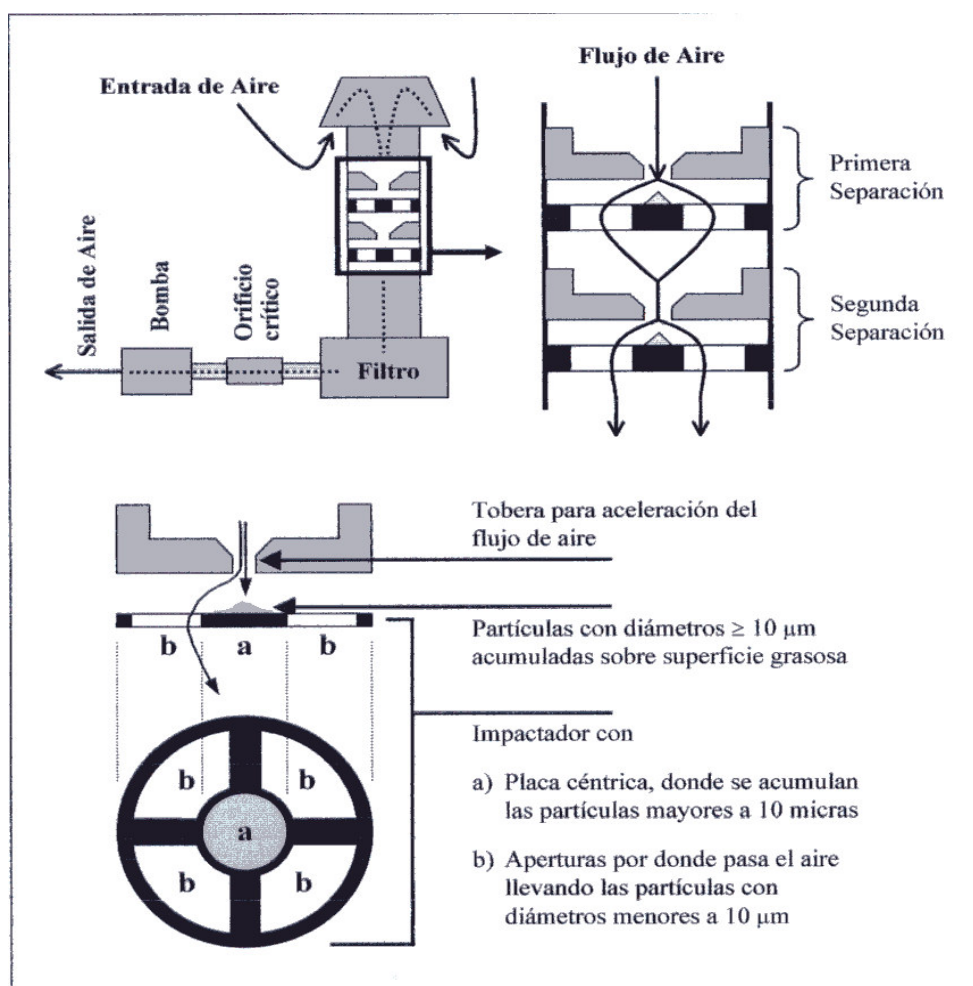


Figura 4 .Diseño y funcionamiento del impactador minivol utilizado en la determinación de PM_{10}

Además de la unidad de impactación, el equipo para la determinación de 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 5, 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 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.

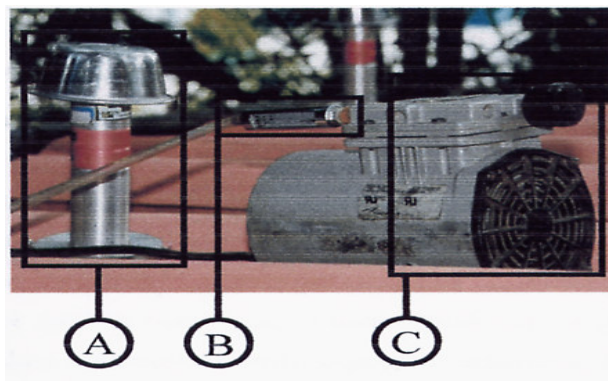


Figura 5. Equipo utilizado para la determinación de partículas menores de 10 micras PM_{10} . (A: Impactador de partículas, B: Restrictor y C: Bomba)

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 6.

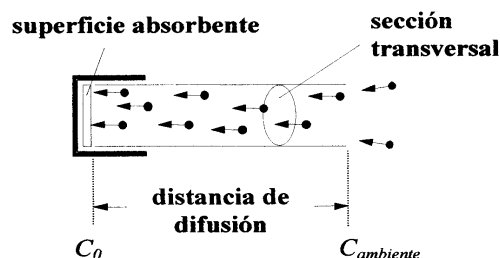


Figura 6. Esquema de la difusión molecular hacia un medio absorbente (difusión pasiva).

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 7 se muestran los tubos pasivos para la determinación de ozono y dióxido de nitrógeno.



Figura 7. 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 ₁₀	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 (NO_2), Ozono (O_3), Partículas Totales Suspendidas (TPS) y Material Particulado menor a 10 micras (PM_{10}) se presentan a continuación:

Dióxido de nitrógeno (NO_2) y Ozono (O_3) por Métodos de Difusión Pasiva; y Partículas Menores a 10 micras (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 μm 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 (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 (NO_2)

Se recolectan las moléculas del 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 Ultra Violeta Visible a una longitud de onda de 540 nm.

OZONO (O_3)

Se recolectan las moléculas del 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 Ultra Violeta Visible a una longitud de onda de 442 nm.

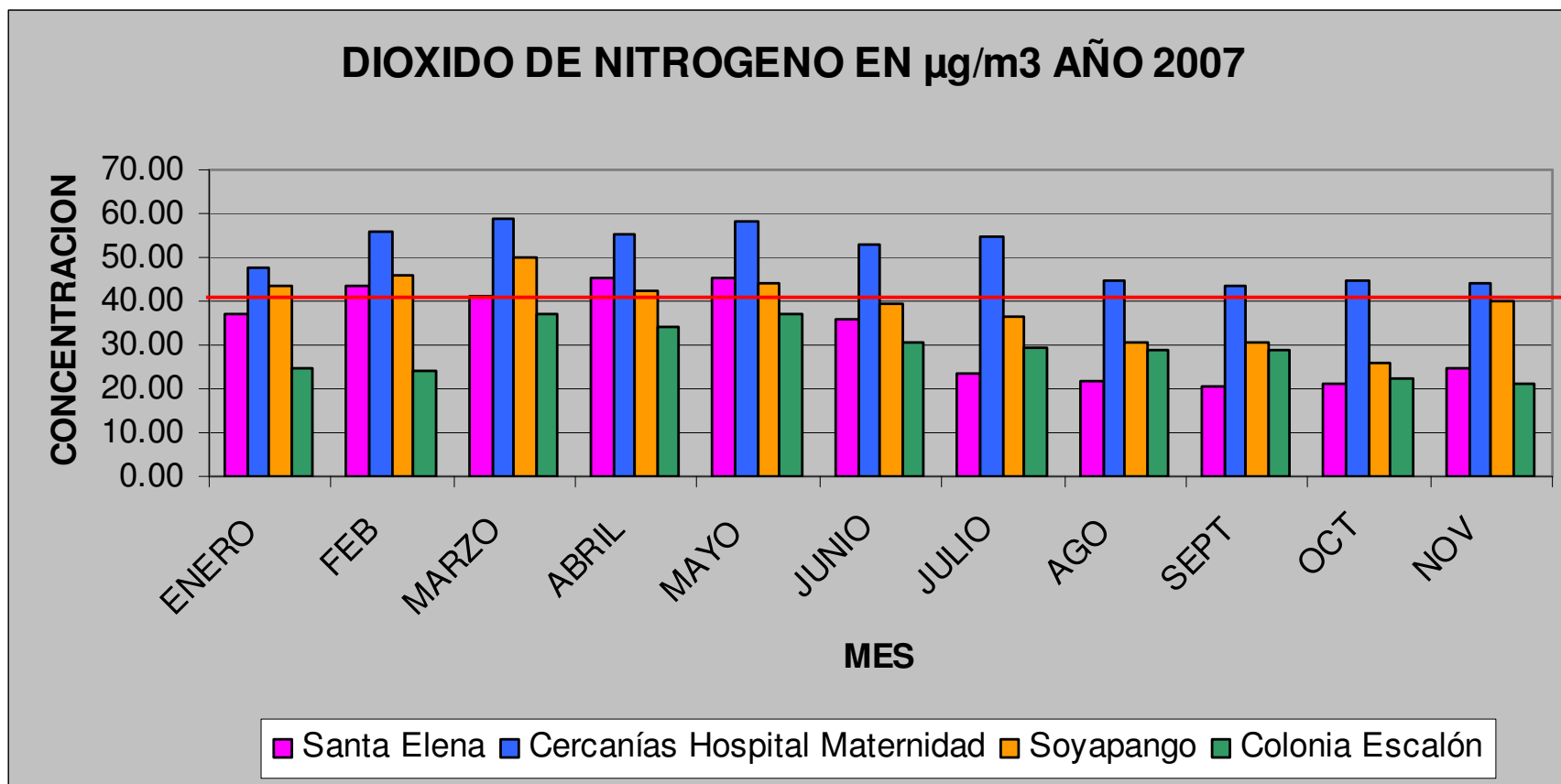
VIII. RESULTADOS OBTENIDOS

Cuadro 2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR, AÑO 2007.
DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂) en µg/m³.

SITIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	37.07	43.32	41.31	45.11	45.56	35.91	23.38	21.92	20.70	21.12	24.75	32.74
Cercanías Hospital Maternidad	47.58	55.76	58.97	55.54	58.19	52.95	54.56	44.66	43.71	44.55	44.26	50.98
Soyapango	43.65	45.69	49.76	42.56	44.23	39.59	36.36	30.86	30.35	25.94	40.01	39.00
Colonia Escalón	24.80	24.34	36.80	34.28	36.97	30.30	29.34	28.65	28.90	22.52	21.24	28.92
Promedio	38.28	42.28	46.71	44.37	46.24	39.69	35.91	31.52	30.92	28.53	32.57	37.91
Valor Guía Según OMS	40.00											

OMS: Organización Mundial para la Salud

Gráfico 1. Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en el Gran San Salvador para el año 2007 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

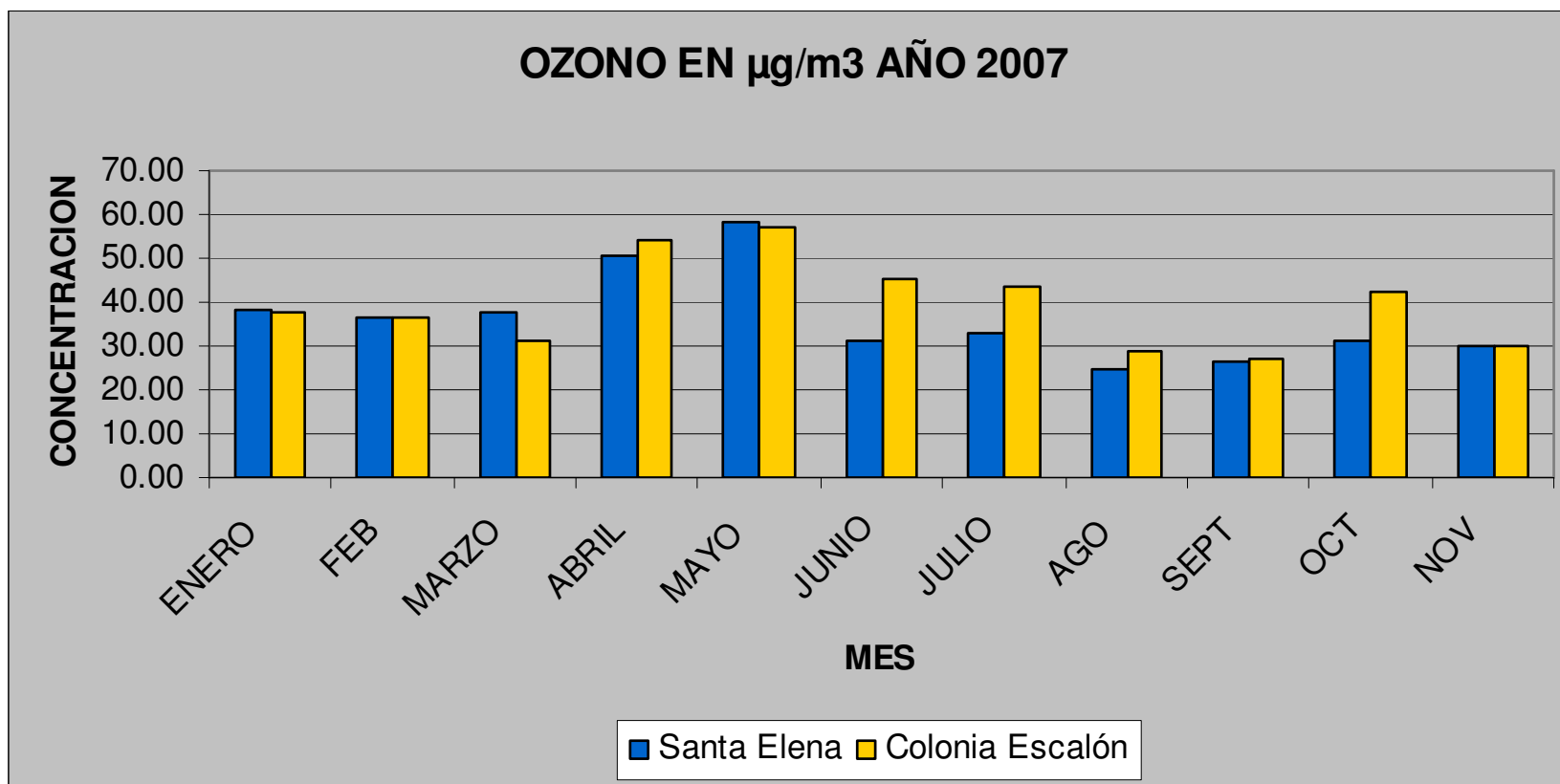


**Cuadro 3. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR,
AÑO 2007.
OZONO (O₃) en µg/m³.**

SITIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	38.30	36.39	37.66	50.42	58.12	31.42	33.01	24.80	26.61	31.12	29.96	36.16
Colonia Escalón	37.67	36.24	30.97	54.31	56.80	45.33	43.55	28.94	27.31	42.41	29.88	39.46
Promedio	37.99	36.32	34.32	52.37	57.46	38.38	38.28	26.87	26.96	36.77	29.92	37.78
Valor Guía Según OMS	60.00											

OMS: Organización Mundial para la Salud

Gráfico 2. Concentraciones de Ozono en el Gran San Salvador para el año 2007 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

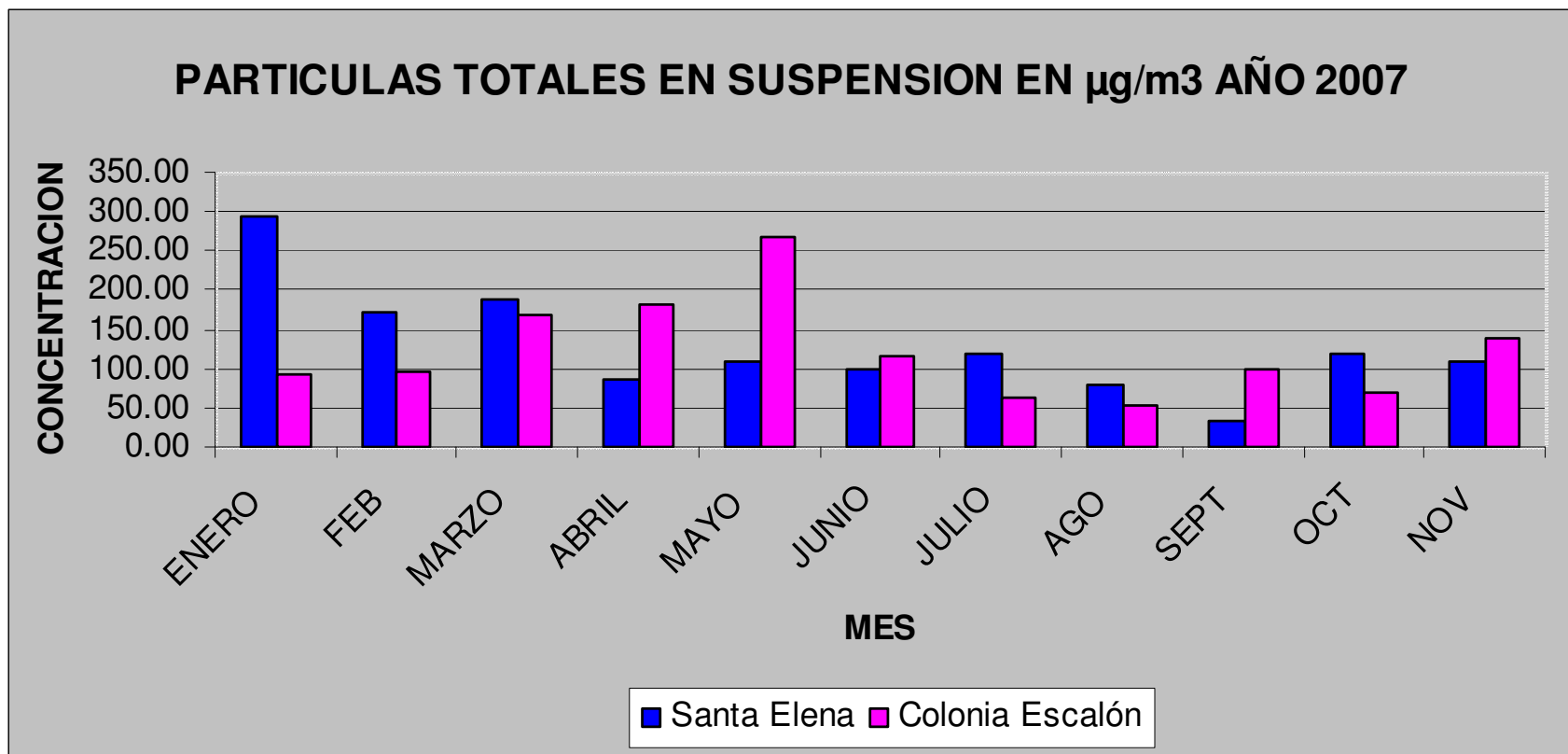


Cuadro 4. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR, AÑO 2007.
PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION (TPS) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

SITIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	293.65	173.07	187.44	85.19	110.58	97.52	119.67	79.77	31.86	120.23	107.38	127.85
Colonia Escalón	91.39	95.70	168.60	182.50	268.00	117.17	63.30	51.65	99.80	70.73	138.86	122.52
Promedio	192.52	134.39	178.02	133.85	189.29	107.35	91.49	65.71	65.83	95.48	123.12	125.18
Valor Guía Según EPA	75.00											

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 2007 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

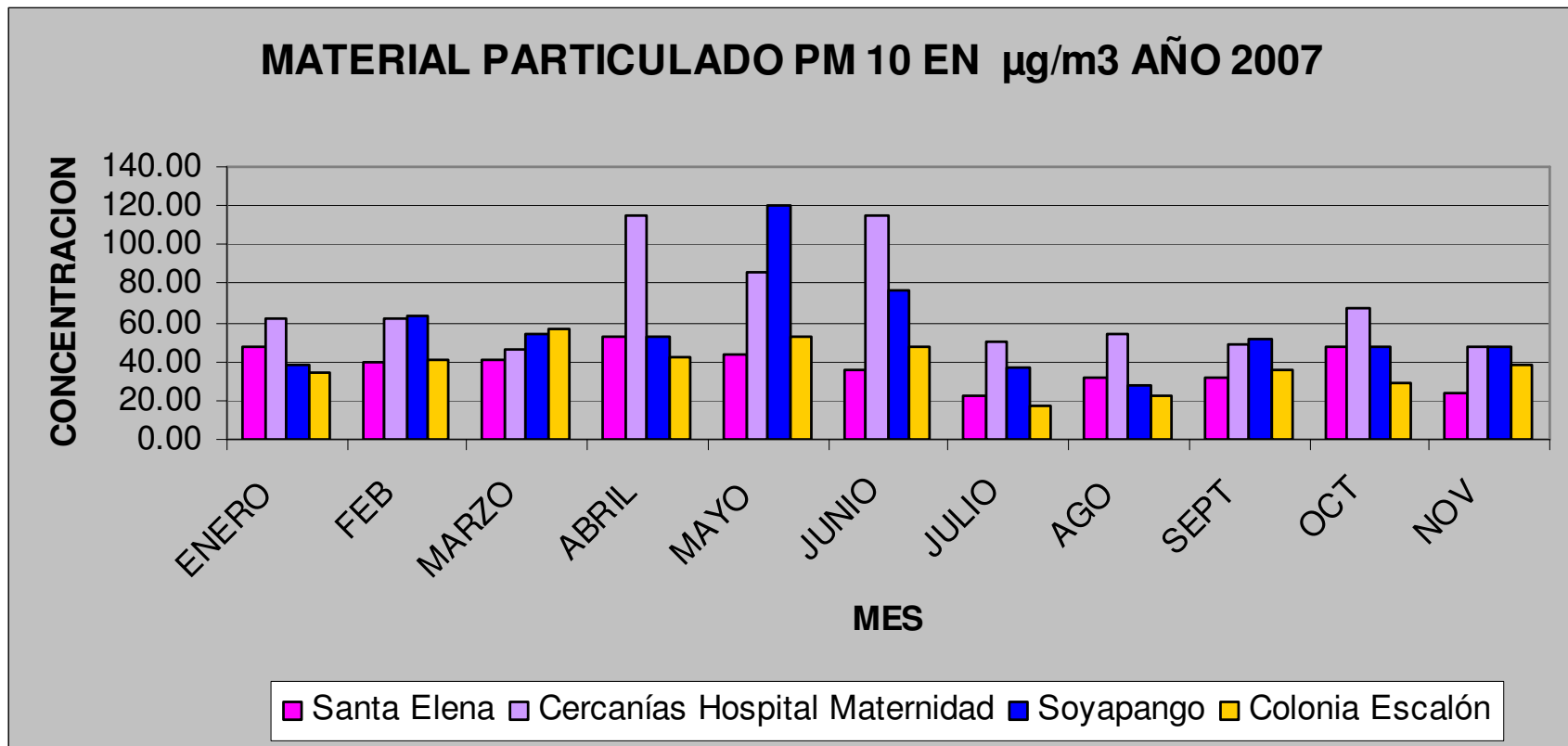


**Cuadro 5. RESULTADOS OBTENIDOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR,
AÑO 2007.
MATERIAL PARTICULADO PM_{10} en $\mu g/m^3$.**

SITIO	ENERO	FEB	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGO	SEPT	OCT	NOV	PROMEDIO ANUAL
Santa Elena	47.59	40.13	41.33	53.04	43.14	35.13	22.97	31.71	31.18	47.09	23.56	37.90
Cercanías Hospital Maternidad	61.76	62.50	45.65	114.79	86.21	114.36	50.61	54.56	49.44	67.83	47.94	68.70
Soyapango	38.86	63.26	53.83	52.55	120.21	76.64	36.65	28.18	51.52	47.50	48.19	56.13
Colonia Escalón	33.93	41.02	57.23	42.37	52.89	47.59	17.48	22.76	35.93	28.94	38.34	38.04
Promedio	45.54	51.73	49.51	65.69	75.61	68.43	31.93	34.30	42.02	47.84	39.51	50.19
Valor Guía Según EPA	50.00											

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

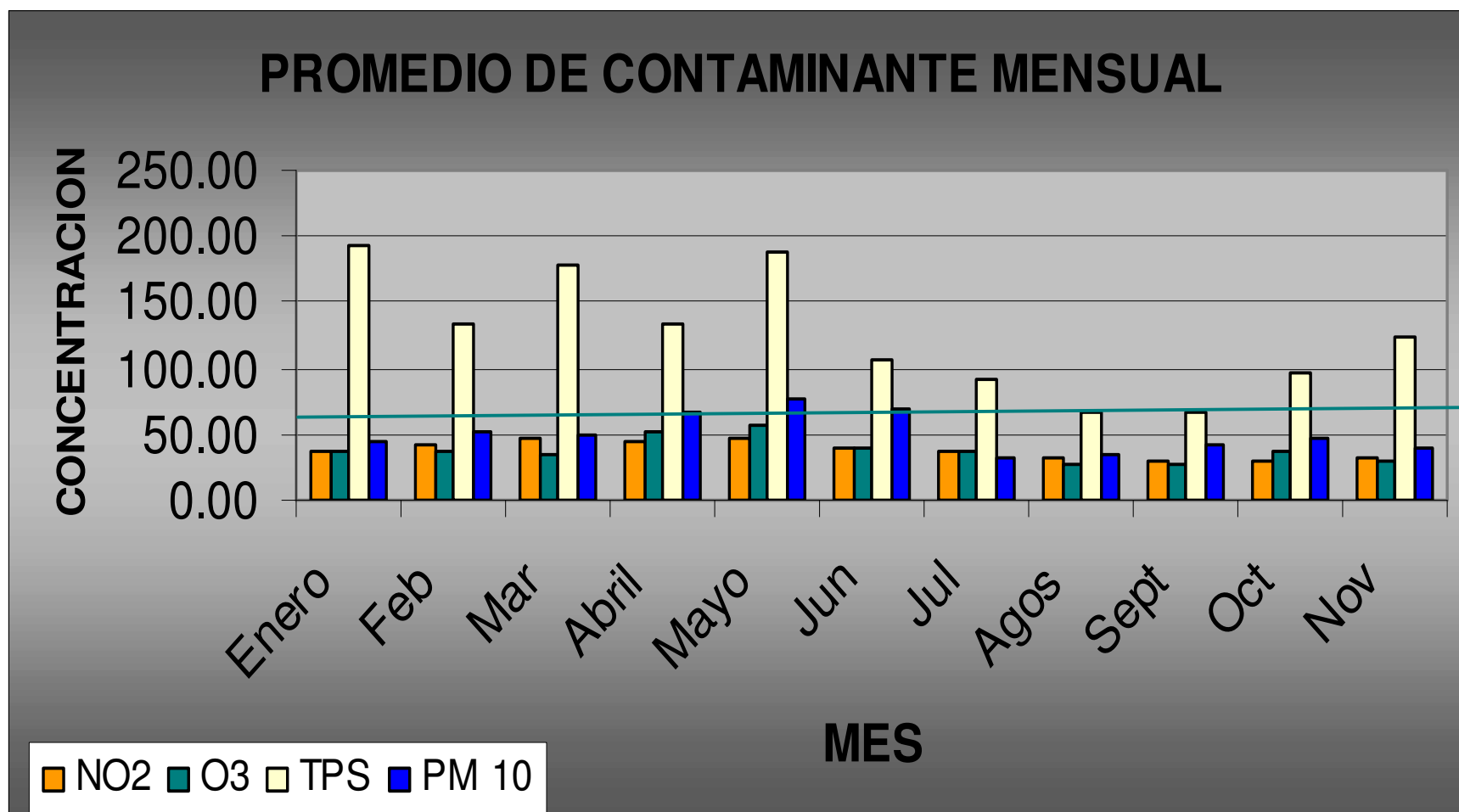
Gráfico 4. Concentraciones de Material Particulado PM₁₀ en el Gran San Salvador para el año 2007 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$



CUADRO 6. PROMEDIOS MENSUALES DE LOS CONTAMINANTES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE DEL GRAN SAN SALVADOR AÑO 2007 EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Contaminante	Enero	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov
NO ₂	38.28	42.28	46.71	44.37	46.24	39.69	35.91	31.52	30.92	28.53	32.57
O ₃	37.99	36.32	34.32	52.37	57.46	38.38	38.28	26.87	26.96	36.77	29.92
TPS	192.52	134.39	178.02	133.85	189.29	107.35	91.49	65.71	65.83	95.48	123.12
PM 10	45.54	51.73	49.51	65.69	75.61	68.43	31.93	34.30	42.02	47.84	39.51

Grafico 5. PROMEDIOS DE CONTAMINANTES POR MES.



**CUADRO 7. PROMEDIO GEOMETRICO ANUAL DE LOS CONTAMINANTES POR SITIO DE MUESTREO EN $\mu\text{g}/\text{m}^3$
AÑO 2007**

SITIO	Dióxido de Nitrógeno	Ozono	TPS	PM 10
Santa Elena	32.74	36.16	127.85	37.90
Cercanias Hospital de Maternidad	50.98			68.70
Soyapango	39.00			56.13
Colonia Escalón	28.92	39.46	122.52	38.04

A continuación se presentan los contaminantes evaluados por sitio de muestreo a lo largo del periodo muestreado en el año 2007 en forma grafica.

Grafico 6

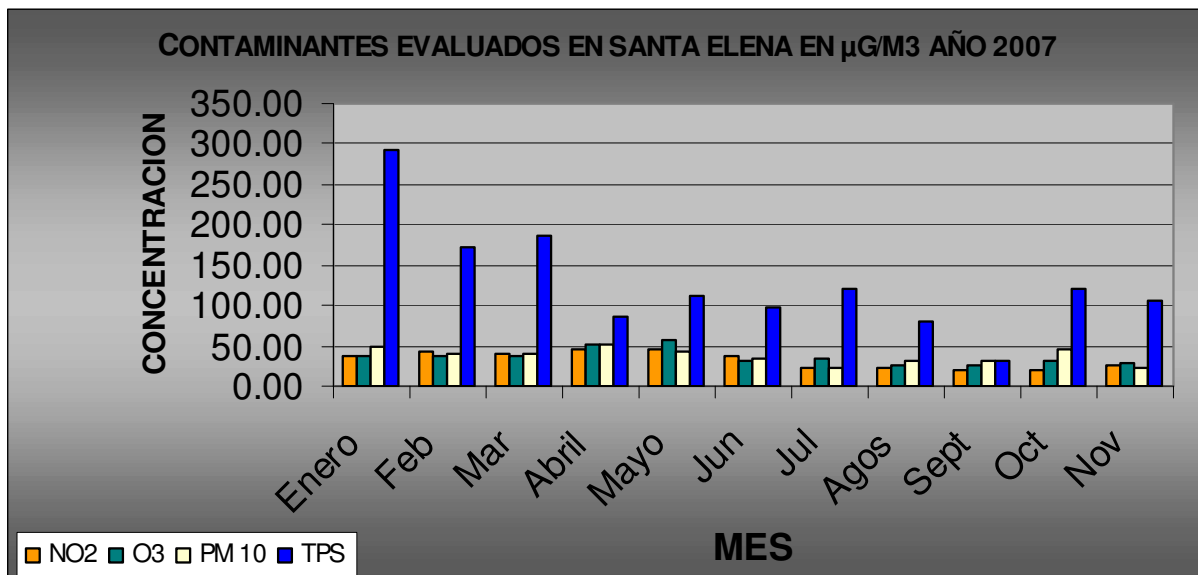


Grafico 7

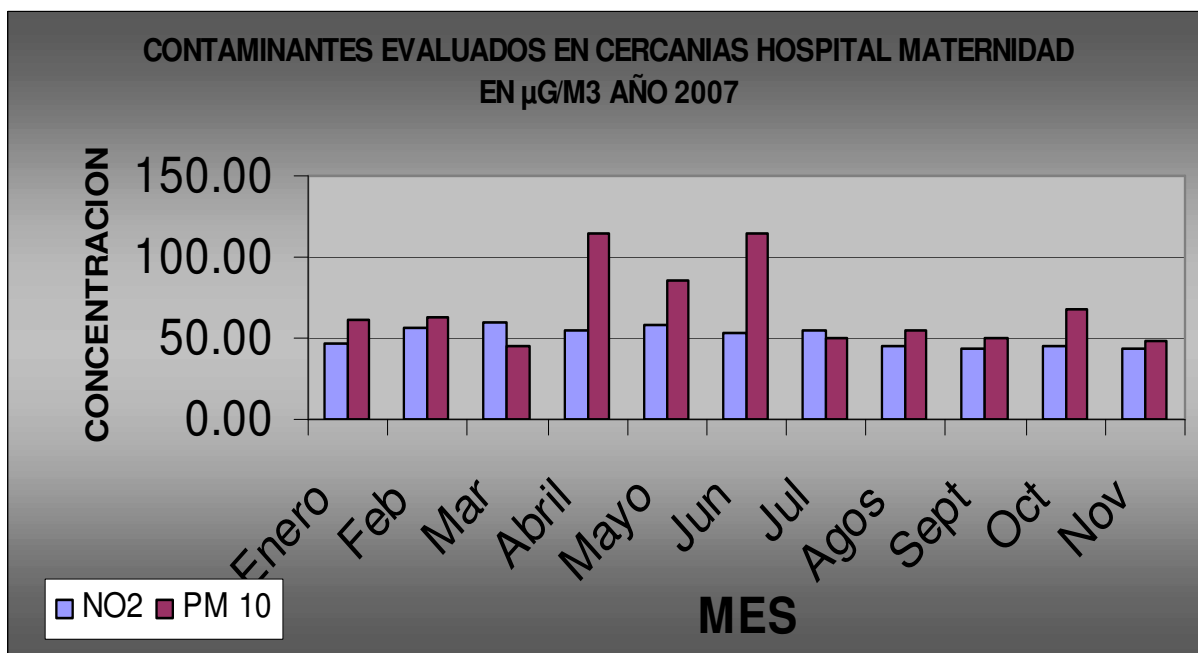


Grafico 8.

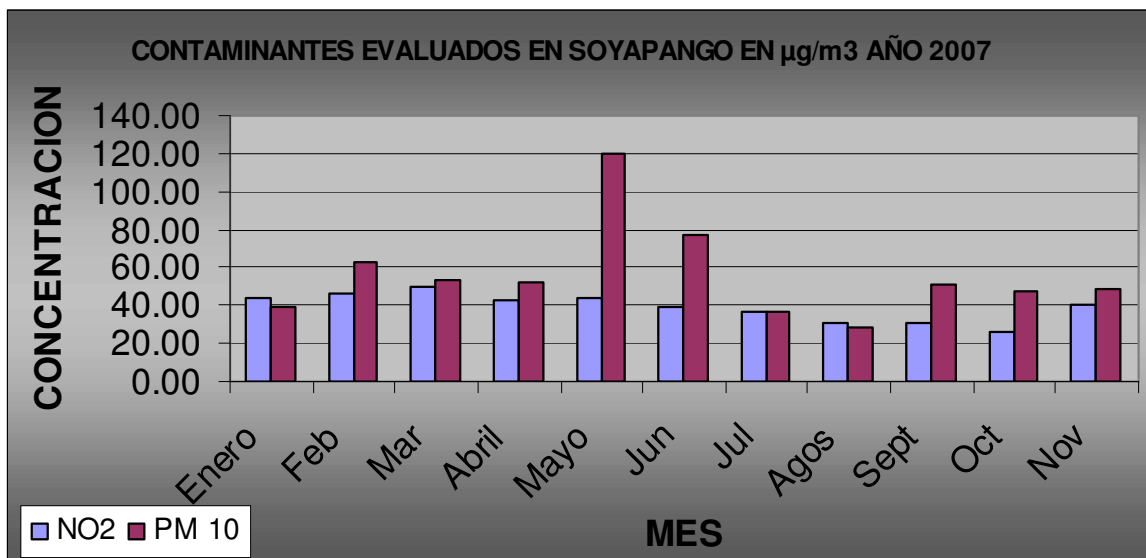
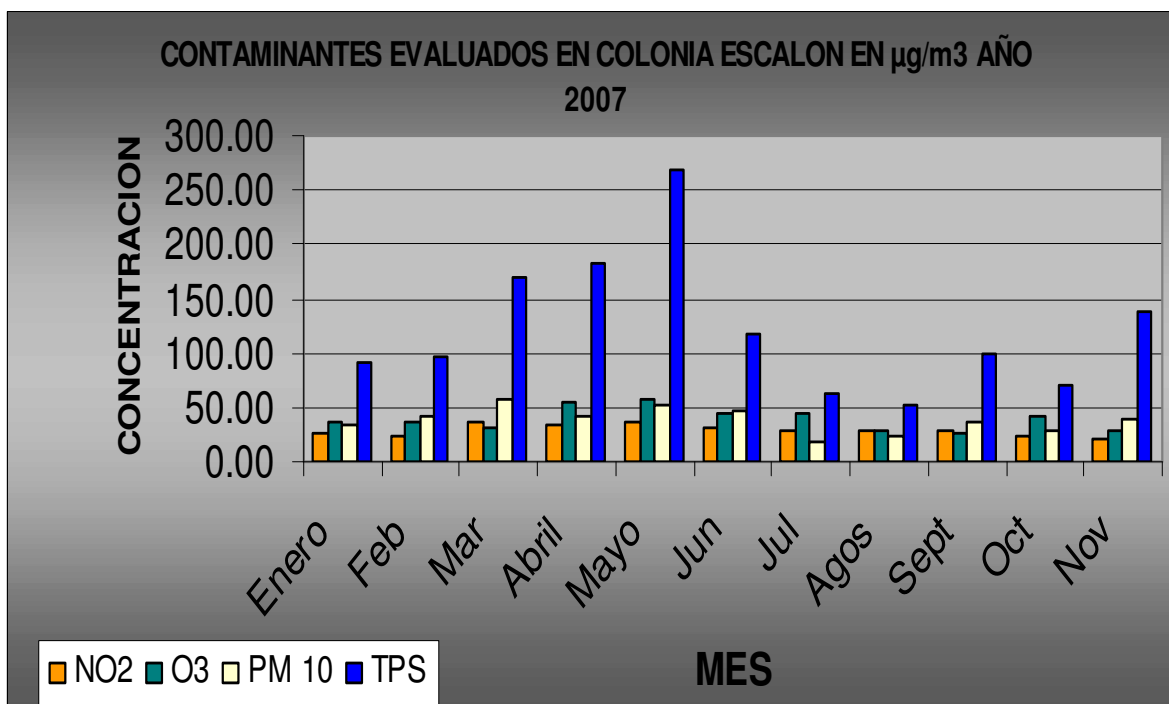


Grafico 9.



IX. OBSERVACIONES AMBIENTALES RELEVANTES

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 Ambientales
Enero	Algunos frentes fríos, vientos, la mayoría de los días calurosos
Febrero	En su mayoría días calurosos, con algunas influencias de temperaturas bajas por frentes fríos
Marzo	Días muy calidos típicos de época
Abril	En este mes se tuvieron algunas lluvias, temperaturas calidas en lo general
Mayo	En este mes se han tenido algunas lluvias, Transición de época lluviosa
Junio	Lluvias fuertes en la primera semana, algunos días muy calurosos sin lluvias.
Julio	Días calidos, lluvias mas frecuentes a lo largo del mes
Agosto	Lluvias frecuentes, lo normal de la época lluviosa, días calidos
Septiembre	Mes con lluvias características, se tuvo influencia del Huracán Felix.
Octubre	En el mes de octubre, se tuvieron muchas lluvias, algunos días fríos.
Noviembre	Algunas lluvias al inicio del mes, influencia de algunos frentes fríos.

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, los once 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 $50.98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, representando un 27.45 % 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 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 el periodo evaluado, sin embargo es de hacer notar que los meses de abril y mayo se encontraron las concentraciones más altas de este contaminante y muy cercanas al valor guía; en Santa Elena como en la Colonia Escalón los promedios anuales fueron similares.

Partículas Totales en Suspensión

Durante el periodo muestreado en Santa Elena, las partículas totales en suspensión, se encontraron por debajo del valor guía establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US-EPA) de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ solo en septiembre. En la Colonia Escalón se encontró en tres de los meses muestreados por debajo del valor guía. En general este parámetro se incremento respecto al valor guía en un 67 %

Material Particulado PM_{10}

El material particulado PM_{10} se encontró en mayor concentración en las cercanías del Hospital de Maternidad y en Soyapango, superando el valor guía establecido por la US- EPA de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, teniendo incrementos respecto a este valor de 37 y 12 % respectivamente, en los puntos de Santa Elena y la Colonia Escalón solamente uno de los meses para cada punto se encontraron superando el valor guía, pero sus promedios anuales se encuentran por debajo de este valor.

XI. CONCLUSIONES

- El punto ubicado en las 3 cercanías del Hospital de Maternidad es el que presenta mayor contaminación de los parámetros de dióxido de nitrógeno y material particulado PM₁₀, considerados de mayor peligrosidad en la salud humana.
- Según los resultados obtenidos, de los contaminantes evaluados, las partículas totales en suspensión presentaron un incremento del 67 % respecto al valor guía.
- A nivel de centros urbanos y zonas residenciales, el ozono no presenta problemas de concentración, como se estableció en los años anteriores, sin embargo este contaminante por su carácter (secundario), puede influenciar en la salud de la población aun cuando no se supere el valor guía.

XII. REFERENCIA

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