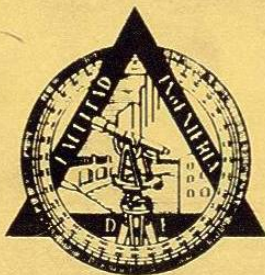


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE
EN LA CIUDAD DE QUERETARO, QRO.

TESIS PRESENTADA EN OPCION AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN :

" INGENIERIA AMBIENTAL "

POR

Q. EN A. JULIO ALFONSO MATA IBARRA

834
5
2
86

TM

Z68

.C5

FIC

198

M3



1020072406

TM

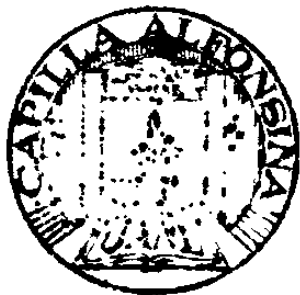
Z 54

5

C

1986

M3



137694

I N D I C E

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	5
1º ANTECEDENTES.....	6
2º GENERALIDADES.....	8
2.1.- Contaminación Atmosférica.....	8
2.2.- Fuentes de Emisión de Partículas.....	8
2.3.- Contaminación del Aire por Partículas Suspen- didas.....	9
2.4.- Tipos de contaminación del aire.....	11
2.5.- Tamaño de Partículas.....	11
2.6.- Contaminación Ambiental por metales pesados...	13
2.7.- Influencia de los parámetros meteorológicos...	13
2.8.- Situación Geográfica.....	17
2.9.- Efectos de las partículas.....	18
2.10.-Efectos de los metales pesados en estudio.....	20
3º ANALISIS DE LA INFORMACION BASICA.....	24
3.1.- Descripción del área citadina de Querétaro....	24
3.2.- Red de la Subsecretaría de Ecología de la SEDUE establecida en Querétaro, Qro, para el muestreo de partículas suspendidas en el aire.....	32
3.3.- Información de los muestreos realizados en 1983.....	33
4º MATERIALES Y METODOS.....	34
4.1.- Plan de Trabajo.....	34
4.2.- Materiales.....	34

	Página
4.3.- Métodos y Técnicas.....	37
4.4.- Cálculos.....	39
5º RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	42
6º CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
6.1.- Conclusiones.....	62
6.2.- Recomendaciones.....	63
REFERENCIAS.....	65
ABREVIATURAS.....	68
ANEXOS:	
Anexo 1.....	70
Anexo 2.....	81

AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

- Al ING. RICARDO SALGADO GUTIERREZ, por su valiosa colaboración y asesoramiento durante el desarrollo de este estudio.
- Al ING. ANASTACIO VAZQUEZ V., Jefe de la División de Estudios de Postgrado, FIC-UANL, su gran colaboración y amistad mostrada durante toda la carrera.
- Al DR. ALEJANDRO RAMIREZ A., Maestro de la Maestría y Jefe del Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la FIC-UANL, los consejos brindados durante la carrera y las facilidades prestadas en el laboratorio para la realización de este estudio.
- Al Q.B.P. RICARDO MORENO M., Jefe del Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Biológicas (UANL), su oportuna cooperación en la culminación de la etapa experimental.
- A todos los maestros de la División de Estudios Superiores de la FIC-UANL, la aportación desinteresada de sus conocimientos.
- A los compañeros de las Maestrías en Ingeniería Ambiental y Salud Pública, su gran amistad y cooperativismo.
- A todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible el desarrollo y terminación de este trabajo.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA:

LUZ ORQUIDEA GIL DE MATA

Con todo mi amor y agradecimiento por sus sacrificios, su insustituible compañía y su comprensión.

A MI HIJA:

CINDY ORQUIDEA MATA GIL

Que ésta le sirva en un futuro como ejemplo de superación.

A MIS PADRES:

J. CONCEPCION MATA I.

JOSEFA IBARRA DE MATA

Con profundo respeto por haber inculcado en mí el entusiasmo, la fe y la perseverancia a través de mi vida universitaria.

A MIS HERMANOS:

Por su apoyo de siempre.

A MIS TIOS:

PEDRO GARCIA GUTIERREZ

LOURDES GIL DE GARCIA

Con mucho aprecio.

A todas aquellas personas a quienes me unen lazos de afecto y amistad.

RESUMEN

Para realizar este estudio se empleó la red de monitoreo de la Delegación Estatal de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) que cuenta con 4 muestreadores de alto volumen situados en diferentes puntos de la ciudad.

El programa se llevó a cabo muestreando partículas suspendidas totales (PST) y a partir de estas muestras se determinaron algunos metales pesados (Pb, Cd, Cr, Cu) *contenidos en las mismas*.

El tipo de muestreo realizado y el número de muestras tomadas están indicadas en el Plan de Trabajo.

Con objeto de realizar una evaluación de la contaminación actual en el área citadina de Querétaro respecto a la existente en 1983, se relacionaron los datos obtenidos en este estudio, con 45 muestras existentes del año mencionado, observándose que las variaciones en la única estación que aún permanece en el mismo sitio desde su colocación son casi nulas y que la contaminación en general respecto a los contaminantes analizados, en la zona no representa aún mucho peligro, pues los valores obtenidos son bajos respecto a los indicados en a literatura existente para los Estados Unidos.

INTRODUCCION

Uno de los principales problemas que afronta la humanidad actualmente es la contaminación atmosférica.

La atmósfera es la capa de gases que rodea la tierra que pisamos y está formada por 78.084% de nitrógeno, 20.946% de oxígeno, 0.934% de argón, 0.039% de bióxido de carbono y trazas de neón, helio, kriptón, zenón, hidrógeno, metano, óxido nitroso y polvo. Esta composición corresponde a una situación ideal que no se da nunca en la práctica; de hecho, en cualquier tipo de atmósfera que se analice, se puede detectar la presencia de diversos compuestos que la impurifican y que en un sentido estricto podría decirse que la contaminan. Por otra parte la mera presencia en el aire de sustancias extrañas a su composición, no debe interpretarse como contaminación, sino en cuanto es susceptible de afectar de alguna manera al hombre (15).

La materia que de forma indebida se encuentra presente en la atmósfera puede tener origen natural o puede ser debida a las actividades humanas. En la actualidad esta segunda faceta predomina enormemente sobre la primera y es la causante de los elevados niveles de contaminación del aire que aparecen en numerosas partes del planeta.

Por otra parte, las sustancias nocivas que el hombre arroja a la atmósfera se dispersan por todo el globo terráqueo de ahí que la contaminación del aire no tenga fronteras, el aire envenenado de cualquier país puede invadir después cualquier otra región, apareciendo primero y más drásticamente, en las grandes ciudades.

La degradación de la atmósfera presenta características especiales en México, pues es bien sabido que el país se encuentra en una etapa de transición que tiene por objeto adquirir un mayor desarrollo económico, sin embargo, a medida que este proceso se realiza, es evidente que el problema de contaminación ambiental se ha agudizado, de tal manera que es preciso hacer compatible por un lado, estimular aún

más el desarrollo económico, con responsabilidad y sentido social y por otro disminuir los contaminantes a fin de asegurar un mayor bienestar a los habitantes del país.

Por otra parte, la desordenada distribución industrial de su población originó la formación de grandes núcleos industriales como Monterrey, N. L. y el binomio Estado de México-Distrito Federal en donde la concentración de contaminantes emitidos por vehículos de combustión interna y la contaminación por ruido alcanzan ya niveles alarmantes y son la causa de neurosis de un importante sector de la población, además de la incidencia en enfermedades respiratorias.

De lo anterior, se deduce la gran responsabilidad que para el Gobierno, la industria y la ciudadanía representa el disminuir la contaminación ambiental en todo el país, especialmente en los grandes centros de población mediante la instalación de equipos de purificación, favoreciendo la descentralización industrial y adoptando las innovaciones tecnológicas.

Afortunadamente se ha apreciado una actitud positiva de parte de los sectores interesados para resolver los problemas ambientales; y se han firmado convenios entre ellos para comenzar a evaluar los niveles de diversos tipos de contaminantes en las diversas zonas industrializadas del país.

Tal es el caso de la ciudad de Querétaro, ciudad capital del Estado del mismo nombre, que cuenta con una población humana aproximada de 400,000 habitantes y una población vehicular de más de 50,000 unidades y una población industrial aproximada de 1320 establecimientos (5); valores que muestran una marcada evolución en el área, lo cual aunado con la cercanía que se tiene con otras ciudades de importancia en el renglón de la contaminación, hacen de este centro poblacional un sitio prioritario para el desarrollo de un estudio que evalúe los niveles actuales de contaminantes y que a la vez ayude a crear estrategias de control y/o estándares de calidad para evaluar la calidad

del aire a corto, mediano y largo plazo.

Para evaluar el problema de la contaminación atmosférica es necesario efectuar un análisis de la calidad del aire ya que aunque la estimación de la cantidad de contaminantes que están distribuidos sobre una área dada podría ser calculada, estos aspectos teóricos tienen que ser verificados con resultados analíticos (16).

Por eso, con este trabajo se pretende contribuir a la investigación de las concentraciones de algunos contaminantes y el alcance de su difusión en el área urbana de Querétaro, Qro.

OBJETIVOS

El propósito primordial de esta tesis es obtener una evaluación de la calidad del aire en la ciudad de Querétaro, Qro. en cuanto a PST y algunos metales pesados (Pb, Cd, Cr y Cu); para de esta manera conocer los niveles actuales de contaminación atmosférica en cuanto a esta clase de contaminantes y a la vez establecer las bases para un estudio a largo plazo de cantidad y tipos de contaminantes atmosféricos.

Otro de los objetivos es relacionar en investigaciones posteriores la información obtenida con los efectos en salud mediante estudios epidemiológicos, así como también relacionarla con los efectos que causa sobre organismos experimentales.

La aportación de este trabajo podrá además emplearse para informar a la opinión pública, con lo cual las autoridades competentes tendrán una base firme para implementar las estrategias de control en las áreas de atención prioritaria.

1.- ANTECEDENTES

La ciudad de Querétaro, hasta la década de los 70's podía considerarse, como otras muchas ciudades de provincia, un área eminentemente urbana con aportaciones socioeconómicas fundamentalmente del sector agropecuario; sin embargo, a partir de la década mencionada, diversas industrias empezaron a ubicarse en la zona, tal vez porque constituye un foco de desconcentración importante debido a su cercanía al mayor centro consumidor del país, así como por su ubicación como punto de arranque en el corredor industrial del bajío.

Dentro del espectro de la producción industrial, el Gobierno del Estado promovió fundamentalmente a la industria metal mecánica, reconocida como prioritaria dentro de las políticas sectoriales; esta situación, desde el punto de vista de la protección ecológica, hizo necesario el preveer que el desarrollo industrial del área no afectara a la población ni a los ecosistemas de la misma. Al respecto, conviene destacar el hecho que desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, este tipo de industria puede o no ser un factor importante, dependiendo de la existencia o ausencia de actividades de fundación, ya que el forjado, rolado y ensamblado, etc., de maquinaria y equipo, no representa en sí una fuente importante de contaminación atmosférica.

Le sigue en importancia la industria relacionada a la producción de alimentos o giro alimenticio y posteriormente los giros textil, vidrio, mármol, químico y concretos. La producción mensual de los diferentes tipos de industrias alcanza las 86,000 toneladas.

Por otra parte, la población vehicular rebasa las 55,000 unidades (según datos registrados en 1983).

Tomando en cuenta lo anterior y observando que la actividad y productividad de la ciudad de Querétaro crecía día con día. El Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental de la Universidad Autónoma de Querétaro, creó un programa para evaluar la calidad del

aire en la ciudad de Querétaro, iniciando el muestreo de contaminantes el mes de noviembre de 1982 con la instalación de un muestreador de alto volumen para la determinación de PST, con el cual se realizaron 68 muestreos de 24 horas que registraron una concentración promedio de $229 \text{ } \mu\text{gr}/\text{m}^3$ (9). Posteriormente se colocó un segundo muestreador de alto volumen, lográndose con ambos 129 muestreos de 24 horas durante un año, de los cuales se obtuvo una concentración promedio anual de PST de $146.18 \text{ } \mu\text{gr}/\text{m}^3$.

A partir del mes de septiembre de 1983 se detectaron también algunos metales pesados (Cd, Cr, Cu, Pb) contenidos en las muestras colectadas con el objeto de relacionar su ocurrencia y concentración con los efectos que ocasionan en organismos experimentales (bacterias, plantas y mamíferos). Las concentraciones promedio obtenidas para éstos fueron las siguientes:

Cobre	-	11.00×10^{-2}	$\mu\text{gr}/\text{m}^3$
Cadmio	-	0.642×10^{-2}	"
Cromo	-	6.42×10^{-2}	"
Plomo	-	5.46×10^{-2}	"

2.- GENERALIDADES

2.1.- Contaminación atmosférica.

El Artículo 4o. de la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental nos define como contaminante "...toda materia o sustancia, o sus combinaciones, o compuestos, o derivados químicos o biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos y desperdicios y cualesquiera otros que al incorporarse o adicionarse al aire, agua o tierra, puedan alterar o modificar sus características naturales o las del ambiente; así como toda forma de energía, como calor, radioactividad, ruidos, que al operar sobre o en el aire, agua o tierra, altere su estado normal" (15).

Pero para que estos contaminantes puedan causar contaminación se requiere que estén en cantidad o en forma tales que perjudiquen, o molesten o degraden, según se entiende en el mismo Artículo 4o. "por contaminación: la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que perjudiquen o molesten el confort, la salud y el bienestar humano, la flora y la fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la Nación en general, o de los particulares" (6, 15).

Es decir, no sólo importa la naturaleza de los materiales, sino el que causen perjuicio, molestia o degradación del medio ambiente, lo cual es función de cantidad, condiciones y circunstancias (6).

2.2.- Fuentes de emisión de partículas.

El proceso de contaminación de la atmósfera comienza al depositarse en ella los contaminantes y continúa con la presencia de los mismos en el medio gaseoso, que es muy variable en el tiempo, según las propiedades de los compuestos y las condiciones ambientales.

La evaluación de la contaminación debe comenzar pues, desde la

misma iniciación del proceso, es decir desde la emisión de los productos. Por emisión se entiende la totalidad de sustancias que pasan a la atmósfera después de dejar las fuentes de las que proceden.

Clasificación.

Generalmente las fuentes contaminantes del aire se clasifican en fuentes naturales y fuentes creadas por el hombre.

Fuentes naturales.

Son aquéllas que por un proceso natural emiten contaminantes a la atmósfera, los cuales generalmente son asimilables por el ciclo de la naturaleza; por ejemplo, tolvaneras levantadas por la acción del viento, incendios forestales, erupciones volcánicas, etc.

Fuentes creadas por el hombre.

Estas fuentes son creadas durante el curso de las actividades productivas del hombre.

Estas fuentes a su vez pueden subdividirse en: Fuentes Móviles y Fuentes Fijas.

Fuentes Móviles.

Son aquéllas que no tienen establecido un punto de referencia para su estudio, como ejemplo, los automóviles, aviones, etc.

Fuentes Fijas.

Por lo general, estas fuentes tienen una área específica y pueden establecerse a un punto de referencia para un estudio; por ejemplo, procesos y/o chimeneas industriales, canteras de explotación, etc.

2.3.- Contaminación del aire por partículas suspendidas.

Por "partículas" entendemos cualquier sustancia, a excepción

del agua pura, presente en la atmósfera en estado sólido o líquido bajo condiciones normales y cuyo tamaño es microscópico o submicroscópico, pero siempre superior a las dimensiones moleculares (alrededor de 2\AA).

Las partículas suspendidas en el aire (aerosoles) se definen como materia dispersa que existe en la fase condensada, ya sea sólida o líquida, y su tamaño individual varía desde 0.001 hasta 1000 μm , por lo cual tienden a permanecer en la atmósfera por períodos largos (8).

Clasificación.

Las partículas se clasifican de acuerdo a su tamaño, origen y composición química, pero desde el punto de vista de contaminación atmosférica se pueden clasificar en primarias y secundarias (8).

Partículas primarias.

Son aquéllas liberadas directamente a la atmósfera en un proceso físico o químico permaneciendo bajo las mismas condiciones en ella. El tamaño de estas partículas generalmente varía desde 1.0 hasta 1000 μm y sus fuentes principales son tolvaneras levantadas por la acción del viento, emisiones industriales, sistemas de combustión (incluyendo la quema de basura a cielo abierto).

Partículas secundarias.

Son formadas como producto de las reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera. Si son gases, posteriormente algunos pueden llegar a condensarse.

Estas partículas son relativamente pequeñas y su tamaño varía desde 0.001 hasta 1.0 μm . Entre las especies químicas que intervienen durante la formación de las partículas secundarias se encuentran el dióxido de azufre (SO_2), dióxido de Nitrógeno (NO_2), hidrocarburos (HC), oxígeno (O_2), ozono (O_3) y el vapor de agua. Las tres primeras

especies son emitidas en grandes cantidades por las actividades productivas del hombre, mientras que las otras forman parte de nuestra atmósfera. La presencia de los rayos ultravioleta provenientes de la radiación solar constituyen la principal fuente de energía.

2.4.- Tipos de contaminación del aire.

M. Corn (11) ha sugerido la siguiente clasificación:

TIPO	ORIGEN	PRINCIPALES CONTAMINANTES
Comunal	Transporte Automotor	CO, NO, Pb, Hidrocarburos
	Domésticos	"Humo", cenizas, SO ₂ , CO
	Industrial	"Humo", cenizas volantes; SO ₂ , H ₂ SO ₄ , F, Be, CdO, ZnO, CO, NO.
	Natural	Polen, partículas.
Ocupacional	Industrial	Polvos, humos metálicos, gases, polvos orgánicos, (algodón, lino, etc.) substancias radioactivas.
Personal	Tabaco	"Humo", alquitranes orgánicos, NO, partículas radioactivas.

2.5.- Tamaño de las partículas.

El tamaño de las partículas puede expresarse en función de su diámetro físico o geométrico, o bien en función de un diámetro equivalente que corresponda a una propiedad óptica, eléctrica o aerodinámica, esto debido a que presentan una gran dispersión de tamaños y

una constitución química muy variada según sea su procedencia.

En la Figura 2-1 se presenta una clasificación de las principales partículas según su tamaño (6).

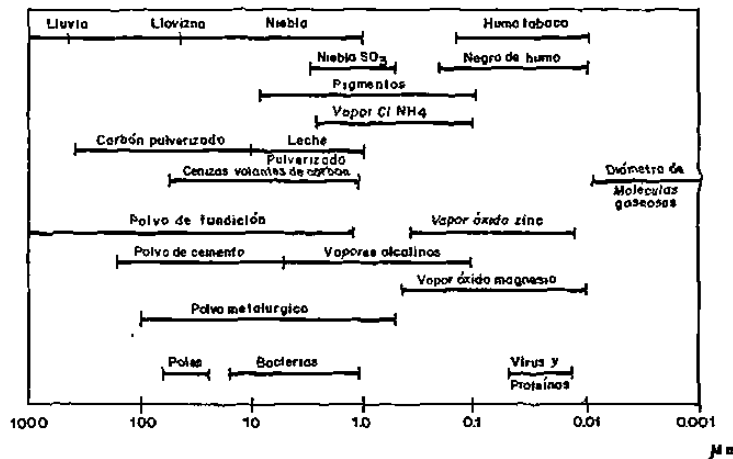


Fig. 2.1

Con el nombre genérico de polvo se conoce aquellas partículas con diámetro comprendido entre 1 y 1000 μm que se depositan por acción de la gravedad. La velocidad de sedimentación en el aire para una partícula con un diámetro de 100 μm es de 45 cm/seg aproximadamente.

Debido precisamente a esta característica, el polvo es conocido como material sedimentable, aunque realmente en este concepto habría que incluir también a las partículas con un diámetro superior a los 100 μm .

Si el diámetro disminuye y se hace menor de una micra, las partículas dispersas en el aire constituyen un aerosol especial conocido con el nombre de humo. Cuando tiene estas dimensiones tan reducidas, la materia no tiende a sedimentar, sino que forma suspensiones mecánicamente estables por cuyo motivo se denomina materia en suspensión.

El principal origen de las materias sólidas lo constituyen las

combustiones, tanto domésticas como industriales, por cuya razón, las zonas con más elevado consumo de combustibles son las que lógicamente presentan mayores concentraciones. Las actividades propias de la construcción tienen una aportación importante en la cantidad de polvo de la atmósfera, lo cual sucede también con algunas industrias características, tales como las fábricas de cemento.

2.6.- Contaminación ambiental por metales pesados.

El progresivo aumento de la producción y utilización de metales pesados en la industria ha motivado su creciente protagonismo como contaminantes ambientales, poniendo en peligro la salud de la población.

Estos metales pueden ser encontrados en la naturaleza combinados en diferentes formas, siendo potencialmente tóxicos cuando se presentan en un organismo en concentraciones mayores de las permitidas, sobre todo aquéllos, como el plomo y el cadmio, que aún adquiridos en dosis subclínicas, presentan capacidad de acumulación en el organismo, lo cual les permite producir daños diversos (13).

2.7.- Influencia de los parámetros meteorológicos (11, 19).

El problema de la contaminación del aire puede considerarse simplemente como un sistema integrado por tres componentes básicos: La emisión de los contaminantes desde las fuentes, el transporte y difusión en la atmósfera y la recepción por personas, animales, plantas y objetos.

Los parámetros meteorológicos tienen una gran importancia durante la fase de difusión y transporte, puesto que los niveles de concentración en la atmósfera dependerán de ellos.

Dirección y velocidad de los vientos.

La dirección de los vientos indicará la dirección del viaje de

los contaminantes. En meteorología es convencional expresarla en la dirección de la cual provienen.

La influencia de la velocidad de los vientos resulta doble, ya que determina el tiempo del viaje de los contaminantes de un punto a otro, así como su dilución. Por lo tanto, la concentración en la atmósfera será inversamente proporcional a la velocidad.

Los vientos indican que el aire está en movimiento y no obstante que se trata de un movimiento en tres dimensiones únicamente, la componente horizontal es considerada en términos de velocidad y dirección para estudios de contaminación atmosférica.

La turbulencia mecánica, es un remolino inducido en la atmósfera al paso del aire sobre superficies rugosas. La velocidad de los vientos se incrementa a mayor altura con respecto al suelo y la dirección varía, debido a los efectos de fricción de la superficie terrestre.

Cuando el viento adquiera velocidades mayores que 5.4 km/hr se considera que favorece la dispersión de las emisiones procedentes de los automóviles, en contraste, velocidades por debajo de ese valor originan la condición meteorológica llamada "viento en calma", Velasco Levy (1983).- (18).

Radiación (3, 19).

La transferencia de energía a partir del sol a la tierra y su atmósfera es por radiación de calor mediante ondas electromagnéticas. La mayor parte de la energía solar es emitida en longitudes de onda entre 0.4 y 0.8 μ m. Aproximadamente el 47% es absorbida por la alta atmósfera y por el agua y superficies terrestres, mientras que un 42% de la energía es reflejada por las nubes al espacio, al igual que por la tierra y el agua terrestre.

Cuando la luz o radiación pasa a través de un volumen de aire conteniendo partículas cuyos diámetros son más pequeños que la longitud

de onda, ocurre una dispersión.

Además, parte de esta radiación es absorbida por el vapor de agua H_2O y el dióxido de carbono (CO_2) presentes en la atmósfera cerca de la superficie terrestre, ya que aunque ambos son transparentes para la mayoría de las radiaciones solares, ambos absorben las radiaciones de alta longitud de onda emitidas por la superficie terrestre, ocasionando así una elevación de la temperatura de la atmósfera, que dependerá de la cantidad de H_2O y CO_2 presente. Este efecto ha sido llamado "Efecto Invernadero".

Temperatura (7, 11, 16, 19).

En la región inferior de la atmósfera, (tropósfera) desde la superficie terrestre hasta 15 km de altura, la temperatura varía considerablemente dependiendo de las características de la superficie. Esta región es la de mayor interés en la meteorología de la contaminación del aire (11).

La temperatura puede disminuir con la altura (comportamiento normal) o puede incrementarse (inversión) por lo tanto la atmósfera puede ser inestable o estable dependiendo de esta distribución vertical (gradiente térmico).

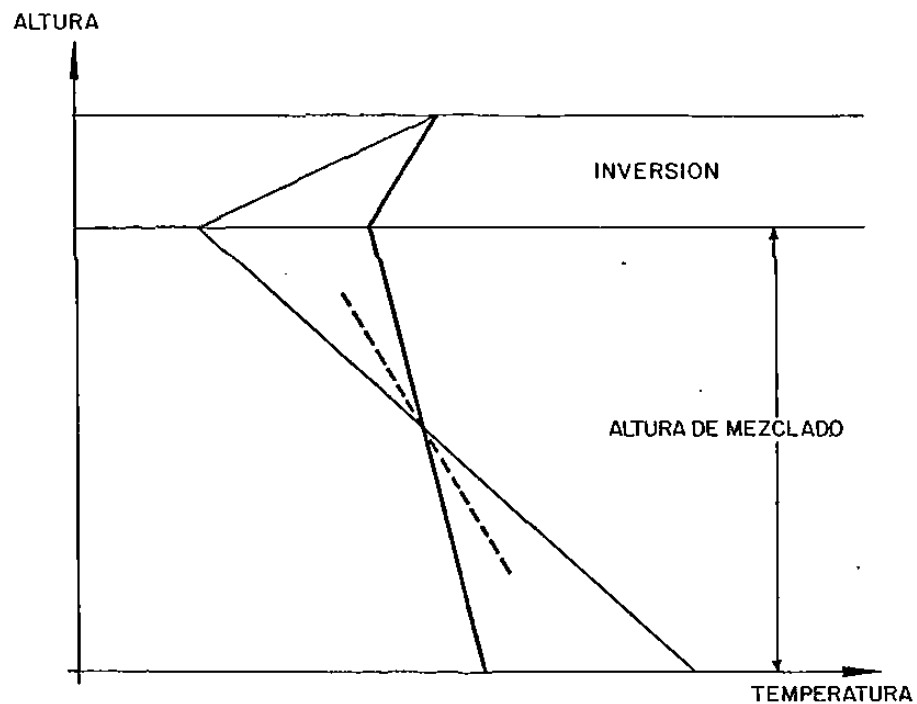
El gradiente térmico indica el grado de estancamiento de una masa de aire contaminado en la dirección vertical (Fig. No. 2.2). Teóricamente para aire seco, la región de enfriamiento por expansión adiabática de una masa de aire que se eleva es de $6.5^\circ C/km$.

Si el gradiente térmico vertical de la atmósfera es mayor que el del aire seco, entonces una masa de aire evolucionará hacia arriba en el proceso adiabático seco hasta un punto más caliente, encontrándose menos densa (más ligera) que el aire atmosférico. En este caso la atmósfera es inestable y los contaminantes tienden a dispersarse.

Si el gradiente atmosférico es menor, entonces la masa de aire

en su evolución adiabática alcanzará una temperatura menor a la del aire atmosférico, llegando a ser más densa (menos ligera) que éste y por lo tanto tenderá a hundirse.

Si el gradiente térmico de la atmósfera es negativo, entonces la región estable es llamada inversión. Una inversión actúa en una ciudad como una tapa, atrapando los contaminantes por debajo de ella, la capa de aire bajo la inversión es conocida como altura de mezclado.



----- gradiente térmico del proceso adiabático
 ————— gradiente térmico ambiental

Fig. 2.2.- Gradiente térmico y profundidad de mezclado. El gradiente térmico adiabático para aire seco es de $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

Humedad Atmosférica (11, 16).

El vapor de agua, aunque solamente comprende el 3% de la composición del aire, absorbe mucha más radiación solar que los demás gases

combinados, debido a lo cual tiene una función importante en el balance de calor del sistema tierra-atmósfera. La temperatura de la atmósfera se encuentra por debajo del punto de ebullición de él, sin embargo, el agua puede evaporarse por vaporización o sublimación a condiciones normales.

Una medida de la cantidad de humedad en el aire es el punto de rocío, siendo éste la temperatura a la cual se alcanza la saturación si el aire es enfriado a presión constante sin intercambio de humedad.

La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene el aire y la que tendría si estuviese saturado.

Precipitación.

Los contaminantes pueden ser removidos del aire por la acción natural de lavado que produce la lluvia y todas las otras formas de precipitación. Las partículas se remueven por absorción cuando se adhieren a la precipitación después del impacto.

Estudios realizados, indican que la presencia de partículas higroscópicas en la atmósfera incrementan la frecuencia de las precipitaciones debido a que actúan como núcleos de condensación.

2.8.- Situación Geográfica (11).

Cada población tiene sus propias características topográficas y por ello es que se deben tomar en cuenta y estudiarse detenidamente para conocer su influencia en el comportamiento de los contaminantes. Por lo tanto es necesario conocer si la población en estudio se encuentra localizada en valles cerrados por montañas altas. Si se encuentra en valles estrechos, si se encuentra frente al mar y con altas montañas tierra adentro o si se trata simplemente de una población que se encuentra ubicada en una gran llanura y que no está rodeada de montañas.

La importancia de conocer la ubicación de la población en estudio es debida a que ésta nos dará una idea de si la población tiene posibi-

lidades de estar expuesta a inversiones prolongadas, o si estará expuesta continuamente a nieblas.

2.9.- Efectos de las partículas (3, 6).

Efectos en la salud humana.

En zonas urbanas, la exposición a contaminantes atmosféricos constituye un riesgo a la salud. Los contaminantes tienden a penetrar al cuerpo humano principalmente por la vía respiratoria y otras vías que son de menor importancia.

Los efectos alcanzan de una forma indiscriminada a toda la población, que responde a dicho estímulo de manera muy diversa. En efecto, los seres humanos que sufren estas consecuencias presentan unas condiciones sumamente heterogéneas, pues difieren en edad, salud, resistencia a enfermedades, tipo de alimentación, clase de vida, trabajo, etc. Ello provoca sensibilidades muy diferentes de unos a otros, en idénticas circunstancias y para idénticas afecciones.

Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana pueden ser agudos y crónicos. Los primeros se manifiestan de una manera rápida, generalmente por concentraciones de contaminantes muy elevadas, y en algunos casos muy extremos llegan a producir la muerte. Los segundos se presentan en plazos de tiempo más dilatados, y son causados por largas exposiciones a niveles de contaminación a veces no muy elevados, pero que actúan de manera constante y continuada.

El daño a los órganos respiratorios puede ser directo, o bien el contaminante puede transportarse hasta un órgano susceptible por muy remoto que se encuentre. Para conocer el efecto en la salud es necesario el conocimiento del mecanismo de depósito, retención y tolerancia del sistema respiratorio.

El sistema respiratorio puede dividirse en el sistema respiratorio superior, integrado por la cavidad nasal y la tráquea, y el sistema

respiratorio inferior, integrado por los tubos bronquiales y los pulmones.

El mecanismo de depósito puede ser impacto gravitacional o por difusión dependiendo de la cantidad de aire inhalado, del tamaño y la densidad de las partículas.

Las partículas pueden ejercer un efecto tóxico ya sea porque:

- a) Pueden ser intrínsecamente tóxicas debido a su composición química y/o a su característica física.
- b) Pueden interferir con uno o más de los mecanismos de tolerancia en el tracto respiratorio.
- c) Pueden actuar como acarreadores al absorber un gas tóxico.

El tiempo de retención y tolerancia en el tracto respiratorio dependerán de las respuestas patológicas o fisiológicas del organismo humano.

Se ha demostrado mediante estudios epidemiológicos en zonas de desastre, que existe una íntima relación entre las concentraciones de partículas, con los padecimientos y decesos ocurridos.

Efecto en las plantas (6, 14).

El material particulado emitido desde procesos industriales (cemento, fluoruros, metalúrgicos) y en la quema de basuras a cielo abierto, causa problemas sobre las diferentes partes de las plantas al depositarse en ellas, influyendo en la fotosíntesis (caso de las cenizas, polvo, hollines, etc.).

Se ha observado que el polvo del cemento al depositarse en combinación con la humedad, forma una capa relativamente gruesa en la superficie de las hojas y su adhesión llega a ser tan fuerte que no puede

ser removida por un proceso natural.

Los fluoruros en forma de partículas resultan menos dañinos a la vegetación que en estado gaseoso. Sin embargo, al depositarse los fluoruros solubles en la superficie de las hojas, ocurre una absorción de ellos. Los fluoruros depositados o absorbidos en las plantas llegan a presentar un efecto patológico conocido como fluorosis al ser ingerido por los animales.

El hollín obstruye los estomas de las hojas y puede destruirlas totalmente si va acompañado de alguna sustancia tóxica soluble.

Otros efectos.

Las partículas acarreadas por el aire dañan las superficies principalmente cuando se depositan en ellas. Un depósito ligero de polvo hace que las superficies aparezcan sucias, el aseo frecuente ocasiona un desgaste en los materiales y al mismo tiempo una fuga económica.

Por otra parte, las partículas atmosféricas pueden acelerar la corrosión del acero, hierro y aun otros metales no ferrosos, así como también pueden dañar o ennegrecer edificios, estructuras y obras de arte.

Otros efectos que presentan las partículas es la asociación con los olores y debido a que absorben y dispersan la luz solar tienden a disminuir la visibilidad.

2.10.- Efectos de los metales pesados en estudio (1, 2, 10).

Los metales pesados como el cadmio y el plomo, se caracterizan por su elevada toxicidad y poder acumulativo en el organismo, tanto en niños como en adultos, siendo los niños más susceptibles en el caso del plomo y las mujeres post-menopáusicas en el caso del cadmio.

La toxicidad del plomo se manifiesta con la enfermedad que produ-

ce; el "saturnismo", que ocupa en México el tercer lugar de las enfermedades profesionales, y en la infancia tiene un índice de mortalidad superior al 50% en relación a los niños intoxicados, y en los niños sobrevivientes deja secuelas neurológicas permanentes. En el aparato locomotor hay disminución de la fuerza muscular y puede provocar incluso parálisis de las extremidades inferiores. Los síntomas del "saturnismo" se presentan en forma aguda y crónica; la intoxicación crónica se representa por sabor dulce en la boca, y el ribete de Burton característico en las encías (el ácido sulfhídrico de la boca se transforma en sulfuro de plomo provocando una orla de color azul oscuro); en estómago e intestino se reporta con mucha frecuencia hiperclorhidria, dolor abdominal tipo cólico, dolores espasmódicos de intensidad variable y contractura muscular, así como inflamación del trayecto gastrointestinal y daños renales.

El valor límite promedio de plomo en el aire de acuerdo a las normas sanitarias de diversos países puede tomarse entre 0.15-0.2 mg/m³.

El cadmio puede causar problemas al organismo principalmente por su carácter acumulativo, interfiriendo en diversas reacciones enzimáticas del organismo, por sustitución, trayendo como consecuencia intoxicaciones crónicas y agudas. La intoxicación crónica se caracteriza por fatiga, insomnio, depresión, astenia, anemia, rinitis atrófica y perforaciones del tabique nasal, manchas amarillas en la encía e insuficiencia renal crónica irreversible. Así mismo, el cadmio se deposita en los huesos por la sustitución del calcio produciendo fracturas ante traumatismos menores, afecta también el corazón, pulmón, bronquios, cerebro, es cancerígeno y puede atravesar la placenta en mujeres embarazadas. La intoxicación aguda se presenta por vía digestiva y respiratoria, manifestándose en la vía digestiva por gastroenteritis severa, diarrea intensa y shock; y por vía respiratoria con cuadro bronconeumónico e insuficiencia renal aguda.

Los valores límites propuestos para proteger contra los efectos tóxicos que ocasiona el cadmio han sido fijados en 0.2 mg/m^3 para polvos y 0.1 mg/m^3 para vapores, humos y gases que son más peligrosos.

La toxicología del cromo depende de si está en la forma hexavalente o en la forma trivalente; pues los primeros estudios indicaban que los compuestos de cromo trivalente no eran esencialmente tóxicos, sin embargo que han sido reportadas dermatitis provocadas por ciertas sales crónicas.

Aunque el cromo hexavalente está presente generalmente en las zonas en estudio donde hay una alta incidencia de cáncer pulmonar provocado por cromo; existen evidencias que indican que el cromo trivalente posee también propiedades carcinogénicas y por lo tanto no debe ser considerado como menos peligroso.

Los valores límites de 0.5 mg/m^3 para cromo soluble y 1 mg/m^3 para cromo insoluble (con la excepción de los compuestos de cromo hexavalentes) están recomendados para prevenir enfermedades pulmonares y otros efectos tóxicos.

Los efectos del cobre consisten de una irritación del tracto respiratorio superior, gusto metálico o dulce, náuseas, fiebre y en algunos casos decoloración de la piel y el pelo.

Inhalación de polvos y nieblas de sales de cobre en concentraciones considerablemente altas, puede ocasionar congestión de las membranas de las mucosas nasales, algunas veces de la faringe y, en ocasiones, ulceración con perforación de la fosa nasal. Si las sales de cobre en suficiente concentración alcanzan el tracto gastrointestinal, actúan como irritantes produciendo náuseas, vómitos, gastritis hemorrágica y diarrea. Exposiciones crónicas pueden ocasionar anemia. Sobre la piel, las sales de cobre también actúan irritantes produciendo comezón; y sobre los ojos conjuntivitis o bien ulceraciones y turbidez.

de córnea.

El cobre es un elemento esencial del metabolismo de los mamíferos; la dieta de cobre diaria para un adulto es de 2 a 2.5 mg, más sin embargo no debe ser adquirido en forma de nieblas o polvos de sales inorgánicas.

Con base en la información dada, un valor límite de 0.1 mg de Cu/m^3 de aire parece ser suficientemente bajo para proporcionar libertad de la irritación de las nieblas por un margen razonable, mientras que un límite de 1 mg Cu/m^3 de aire puede proporcionar condiciones semejantes en contra de polvos y nieblas de sales de cobre.

3.- ANALISIS DE LA INFORMACION BASICA.

3.1.- Descripción del área citadina de Querétaro (5, 17, 19).

A.- Localización Geográfica.

La ciudad de Querétaro se localiza a los 29° 36' de latitud norte y a los 100° 23' de longitud oeste, dentro de la Mesa Central en el Valle del Arroyo de la Cañada.

Su altura promedio sobre el nivel del mar es de 1,852 m.

El municipio de Querétaro en el cual está situada, está ubicado al oeste del estado del mismo nombre y está rodeado por los municipios de Villa Corregidora, Arroyo Seco y Jalpan.

La ciudad de Querétaro sirve de punto de intersección de las carreteras a Guadalajara vía Irapuato y a Monterrey vía San Luis Potosí provenientes de la ciudad de México.

B.- Aspectos Demográficos.

La ciudad de Querétaro hasta 1950 había mantenido una población relativamente estática desde principios de siglo; sin embargo, a partir de la década de los 60 inició un crecimiento de características acelerada.

El cuadro 3.1 presenta la evaluación histórica de la población de Querétaro incluyendo los resultados preliminares del X Censo General de Población de 1980.

Para este estudio se ha considerado una población total de 400,000 habitantes.

C.- Estudio de Climatología.

El clima de Querétaro es templado semiseco y sin extremos marcados de temperatura. La nubosidad y las lluvias moderan el calor durante

los meses de verano. La estación calurosa se ubica en los meses de abril y mayo (ver Cuadro 3.2). La temporada de vientos de moderada intensidad se presenta de febrero a mayo, (ver Cuadro 3.3).

El viento máximo promedio es de 15 m/s y ocurre en abril, mientras que el viento máximo probable para un período de retorno de 50 años es de 29 m/seg o sean 105 km/hr.

Los vientos dominantes tienden a acarrear los contaminantes atmosféricos que se generan en la zona industrial del norte de la ciudad hacia afuera del área urbana. Fuera de las horas que se presentan las inversiones superficiales, que son frecuentes en invierno, es buena la dilución vertical debido a que prevalece una capa de mezcla suficientemente alta.

D.- Información Topográfica.

El valle en que se encuentra asentada la ciudad de Querétaro desciende hacia el poniente quedando las mayores elevaciones hacia el oriente de la ciudad. En dirección SE se encuentra el cerro del Cimatario, con una elevación de 2250 m, mientras que, hacia el NE, se encuentra otro cerro igualmente alto.

Entre estas dos elevaciones, el terreno desciende hacia el lecho del arroyo de la Cañada que tiene una orientación E-W junto al río y, a unos 5 km al este de Querétaro se encuentra el pueblo de La Cañada. Aguas abajo de la ciudad de Querétaro, el arroyo cambia a Río Querétaro que después de cruzar la ciudad sigue su curso hacia el poniente a lo largo de un valle de pendientes suaves para unirse al río Apaseo.

E.- Análisis de Fuentes Fijas y Móviles.

El problema de contaminación atmosférico urbano tiene su origen fundamentalmente, en las fuentes industriales y en los vehículos automotores; adicionalmente a ello, en algunas zonas se presentan problemas.

de erosión, quemas agrícolas, etcétera.

En el caso concreto de la ciudad de Querétaro, las fuentes principales están representadas por diversos sistemas de combustión industrial, vehículos de motor, quemas de basura a cielo abierto, así como por emisiones específicas de algunas industrias (fertilizantes, concreto premezclado, fundiciones).

a) Inventario de fuentes fijas.

De acuerdo con el proyecto de la Red de Monitoreo atmosférico que tiene instalada la SEDUE, existen 75 empresas clasificadas, hacedariamente, como causantes mayores. (ver Cuadro 3.4).

Las emisiones de partículas generadas por procesos de combustión industriales se anotan en el Cuadro 3.5).

En cuanto a las emisiones por los procesos industriales mismos, se puede decir en general que la industria instalada en la zona utiliza procesos "limpios"; sin embargo existen algunas industrias que pueden considerarse fuentes puntuales de importancia, tales como Fertimex, Singer y Fumaq que emiten 1350, 60 y 54 toneladas por año de partículas respectivamente. A este respecto se ha estimado una producción total de partículas de 1468 ton/año.

Otra fuente fija de emisión de partículas importante dentro de la zona urbana de Querétaro, la constituye la quema de basura en el tiradero municipal. El cual recibe de 400 a 450 toneladas de basura por día y está ubicado a aproximadamente 18 km al NW de la ciudad. Las emisiones de partículas por quema de desechos alcanzan las 263 ton/año.

b) Inventario de fuentes móviles.

En el Cuadro 3.6 se presenta la información sobre la población vehicular registrada en 1982.

El consumo de combustibles por vehículos en 1983 fue de 7;401,050 l/mes de gasolina y 2;196,000 l/mes de diesel.

Las emisiones de partículas suspendidas por vehículos en Querétaro se han estimado en 138 ton/año.

c) Inventario de emisiones totales.

En base a la información previamente expuesta el Cuadro 3.7 presenta el inventario total de emisiones de partículas suspendidas a la atmósfera de Querétaro.

d) Zonificación de Terreno.

En el plano de zonificación se presenta el perímetro urbano hasta 1982 de la ciudad de Querétaro, ocupando una superficie de 5412 Ha. Su expansión demográfica en el centro de la ciudad se observa con cierta homogeneidad, pero en su parte noroeste, se observa asimétrico a manera de franja que se aleja del centro de la ciudad rumbo al norte. Este desarrollo obedece principalmente a los asentamientos industriales de la ciudad.

Como zonas comerciales en la mancha urbana fundamentalmente, se presentan la zona centro, de comercio tradicional y oficinas gubernamentales y privadas y la zona alrededor de la Plaza de las Américas en el este de la ciudad.

Las zonas industriales se localizan en la zona norte, dividiendo la mancha urbana de las zonas marginadas (Bolaños, Menchaca, San Pablo y Loma Bonita), así como a los lados de la carretera a San Luis Potosí.

Como zonas verdes en el conjunto urbano únicamente se presenta la Alameda ubicada en la zona centro; adicionalmente a ella sólo existen pequeños jardines que se agregan a los que están ubicados en los nuevos desarrollos residenciales.

Al este de la ciudad se mantiene una zona ejidal colindante con

el Campo Militar y tanto el Cerro de las Campanas como el Cimatarío se pueden considerar reservas verdes adicionales aunque requieren reforestación. El desarrollo residencial Jurica ubicado al norte sobre la carretera a San Luis Potosí, presenta abundante arbolado.

Actualmente, el desarrollo urbano se observa en tres sectores, el primero al norte de la ciudad sobre la zona industrial, otro al sureste de la ciudad, al sur de la carretera Panamericana, y el tercero en lo que se conoce como Bolaños.

Para 1991 se prevee un crecimiento al oeste sobre la actual zona ejidal y las proyecciones al año 2000 se enfocan el desarrollo en la zona noroeste, sobre la carretera a San Luis Potosí. (véase plano de localización de estaciones).

CUADRO 3.1

Censo de población

Mpo. de Querétaro	Año	Total
"	1900	76,051
"	1940	72,951
"	1950	78,653
"	1960	103,907
"	1970	163,063
"	1980	293,568

CUADRO 3.2
 Temperaturas máximas y mínimas en Querétaro
 (1971-1979)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
T. MAX.	Querétaro	23	24	25	29	30	28	27	26	26	25	24	23
T. MAX.	Querétaro	7	7	10	12	14	15	14	14	14	10	9	8

CUADRO 3.3
 Promedio mensual del viento máximo (m/s) registrado en Querétaro, Gro.
 (período 1921-1977)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
12.5	14.9	14.7	15.4	13.1	11.9	11.4	11.5	10.2	10	12.3	11.5

CUADRO 3.4
Principales industrias de Querétaro

ACTIVIDAD	EMPRESA
Extracción de minerales no metálica	3
Fabricación de alimentos	16
Elaboración de bebidas	1
Industrial Textil	4
Fabricación de prendas de vestir	1
Industria Editorial	4
Industria Química	6
Fabricación de artículos de plástico	2
Fab. de productos de minerales no metálicos	6
Industria metálica	1
Fabricación de productos metálicos	10
Fabricación de equipo eléctrico	2
Fab. y ensamble de equipo de transporte	4
Otras	5

CUADRO 3.5
Emisiones de partículas por combustibles industriales

COMBUSTIBLE	PARTICULAS Ton/año
Combustóleo	166
Gas natural	27
Diesel	2
Gas L.P.	8

CUADRO 3.6
Población vehicular de Querétaro
(1982)

Automóviles particulares	30,490
Camiones y camionetas particulares	16,684
Taxis y colectivos	1,512
Autobuses	362

CUADRO 3.7
Emisiones contaminantes
(Ton/año)

	Partículas
Combustión Industrial	203
Proceso industrial	1,468
Quema desecho	263
Vehículo gasolina	-
Vehículos diesel	138
TOTAL	2,072

3.2.- Red de la Subsecretaría de Ecología de la SEDUE establecida en Querétaro, Qro. para el muestreo de partículas suspendidas en el aire.

Como se dijo anteriormente, el método empleado por la subsecretaría de Ecología es el de Altos Volúmenes.

El programa de muestreo se inició con cuatro unidades y se piensa ampliarlo posteriormente a seis unidades.

Ubicación de los muestreadores.

Los muestreadores se encuentran ubicados como se muestra en el plano de referencia colocado al final de este capítulo.

-Estación I- se localiza al noroeste de la ciudad de Querétaro en la zona industrial Benito Juárez, sobre el acceso cuatro. Altura de 6 m aproximadamente.

El uso del suelo en esta estación es en orden de importancia industrial, habitacional y terrenos baldíos, respectivamente.

-Estación II- se localiza al norte de la ciudad sobre la calle prolongación de Invierno. La altura del edificio es de 6 m aproximadamente. El uso del suelo en esta estación es industrial, habitacional y terrenos baldíos, en orden de importancia respectivamente.

-Estación III- se localiza en el centro de la ciudad exactamente en la Escuela de Bellas Artes de Querétaro, sobre las calles de Pino Suárez y Benito Juárez.

El uso del suelo en esta estación principalmente es una zona comercial, en menor escala está habitado y en una proporción muy baja está destinado a plazas y jardines. La altura del edificio es de 12 m aproximadamente.

-Estación IV- se localiza al sureste de la ciudad sobre las calles

de Constituyentes e Insurgentes, aproximadamente a 500 m de la zona comercial de Plaza de las Américas. La altura del edificio es de 6 m.

El uso del suelo en esta estación principalmente es habitacional y comercial.

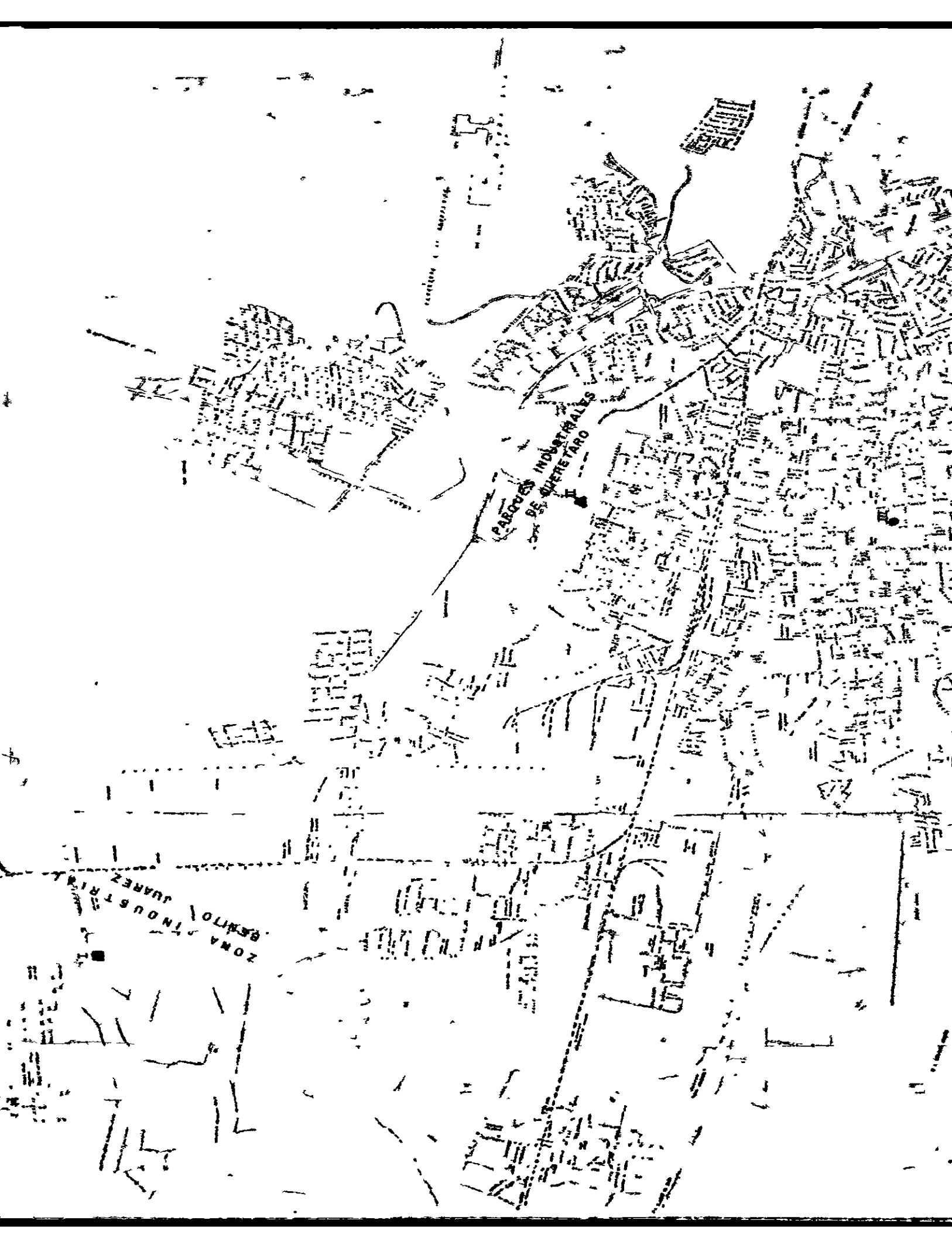
3.3.- Información de los muestreos realizados en 1983.

Para estos muestreos sólo se emplearon dos muestreadores de alto volumen, los cuales constituían las estaciones Ciencias Químicas (CQ) y Bellas Artes (BA).

La ubicación de la primera estación, lo fue la Facultad de Ciencias Químicas, localizada al oeste de la ciudad de Querétaro sobre la calle Hidalgo y el Circuito Interior del Centro Universitario. Altura de 6 m aproximadamente. El uso del suelo en esta estación lo es en orden de importancia habitacional, escolar y terrenos baldíos y presenta bastante cercanía con la carretera Querétaro-San Luis Potosí.

La ubicación de la segunda estación ya fue descrita anteriormente al mencionar la estación III de la red de la Subsecretaría de Ecología.

Los resultados obtenidos al analizar partículas suspendidas totales durante un año, con una frecuencia de muestreo de 4 veces por semana se indicaron al mencionar los antecedentes a este estudio.



CARRUCAN INDUSTRIALES
CALLE DE QUETETARO

ZONA INDUSTRIAL
CALLE JUAREZ

4.- MATERIALES Y METODOS.

4.1.- Plan de Trabajo.

El presente trabajo se llevó a cabo con el fin de evaluar la calidad actual del aire en la zona urbana de la ciudad de Querétaro, Qro. en cuanto a PST; que comprende polvos y metales pesados (Pb, Cd, Cr y Cu).

Para el muestreo se emplearon cuatro muestreadores de alto volumen que integran la red de monitoreo atmosférico, que para este efecto, tiene instalada en la ciudad la Delegación Estatal de la SEDUE.

Los muestreos se efectuaron a razón de tres veces por semana alternando los días, con el objeto de cubrir todos los días que integran la semana, con excepción de las dos primeras semanas del mes de julio.

Se tomaron 100 muestras de 24 horas (de las cero a las 24 horas de cada día muestreado). Iniciándose el muestreo el 22 de junio y terminado el 18 de septiembre de 1985.

El muestreo, mantenimiento y calibración de los aparatos fue efectuado por personal de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la SEDUE.

Las actividades de preparación y análisis gravimétrico y químico se efectuaron en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León (U.A.N.L.). El análisis de metales pesados se efectuó en el departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L.

4.2.- Materiales.

-Muestreador de Alto Volumen-

Principio.

El muestreador de Alto Volumen constituye en la actualidad el método más usado para recolectar partículas suspendidas en la atmósfera; el principio del mismo consiste en hacer pasar una cantidad de aire contaminado a través de un filtro, mediante la aplicación del vacío y está diseñado en tal forma que una cubierta protectora evita la precipitación de las partículas sedimentables (Figura 4.1).

Descripción (12).

El muestreador consta básicamente de una bomba de vacío, marco de sujeción de filtro, empaques, un adaptador de marco, un registrador de flujo y un controlador de tiempo.

El muestreo se lleva a cabo según se muestra en la Figura 4.2 donde el aire por muestrear sigue la trayectoria indicada.

- a) Entra a la coraza bajo los huecos de la cubierta.
- b) Es succionado a través del filtro.
- c) Es devuelto a la atmósfera después de ser filtrado por la placa de salida del motor.

Ver anexo (1)

El resto del equipo requerido para llevar a cabo el análisis de las partículas suspendidas totales es el siguiente: Filtros de fibra de-vidrio, balanza analítica, desecador, sobres de papel manila y un foliador.

Para el análisis de metales pesados el material requerido es el siguiente:

- Matraces volumétricos de 100 y 50 ml.
- Vasos de precipitados de 250 ml.

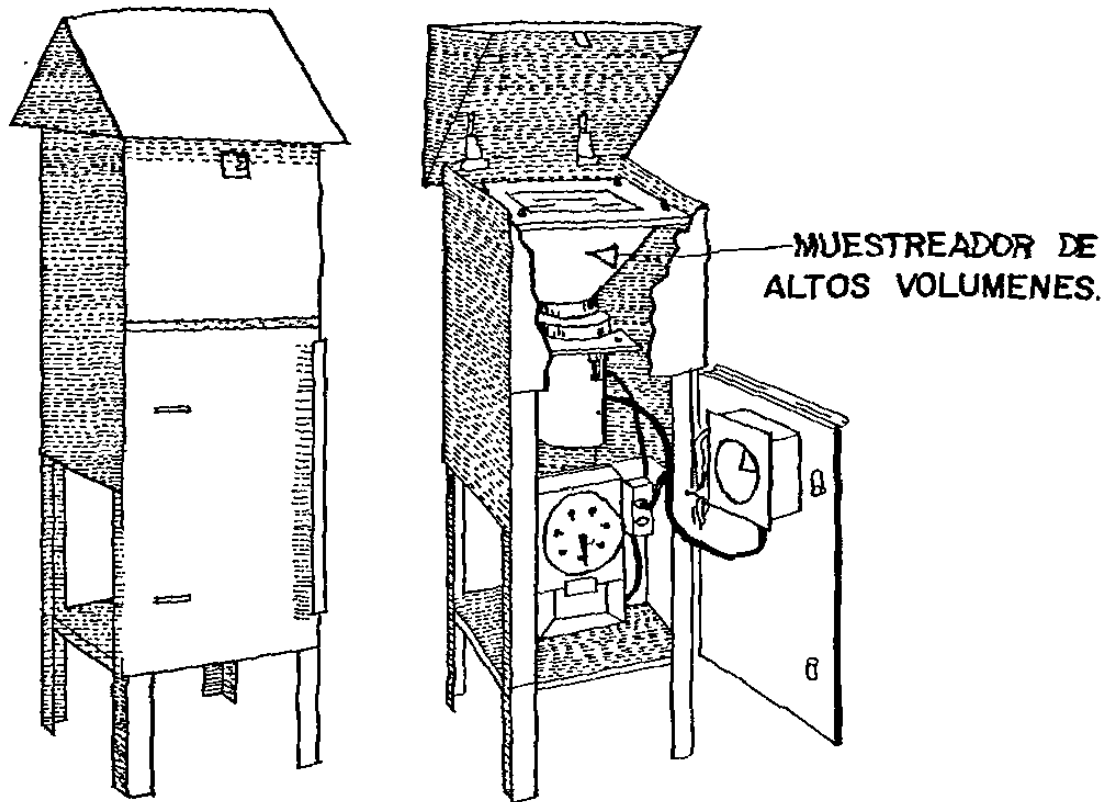


FIG. 4.1 MUESTREADOR DE ALTOS VOLUMENES EN LA CORAZA

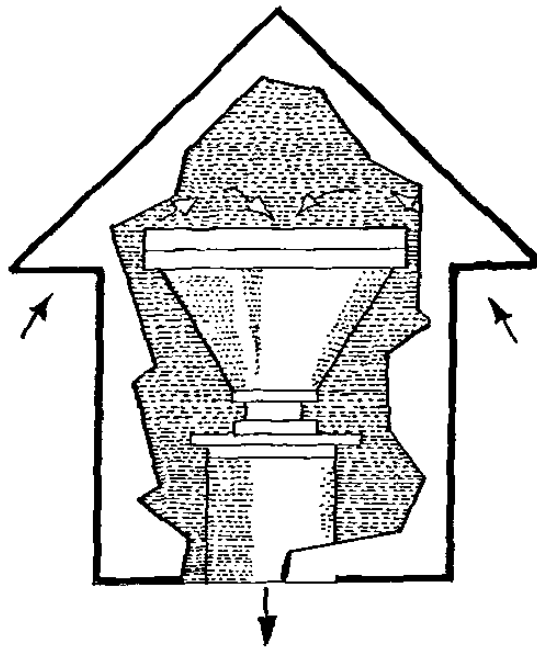


FIG. 4.2 FLUJO DE AIRE EN LA CORAZA DEL MUESTREADOR DE ALTOS VOLUMENES.

- Vidrios de reloj de 75 mm.
- Embudos de filtración rápida de cuello corto.
- Pipetas volumétricas de 1, 5, 10, 50 ml.
- Sistema de calentamiento (plato caliente).
- Campana de extracción.
- Soluciones estándar de plomo, cromo, cadmio y cobre.
- Espectrofotómetro de absorción atómica equipado con lámparas de cátodo hueco (plomo, cadmio, cromo y cobre) (se describe en el Anexo 1).
- Botellas de polietileno (para almacenar las muestras).
- Acetileno.
- Aire.

En cuanto a reactivos necesarios para el método utilizado para el análisis de metales pesadas son los siguientes:

Acido nítrico, perclorato de potasio y ácido clorhídrico.

4.3.- Métodos y Técnicas.

Determinación de partículas suspendidas totales.

Primeramente se efectúa una inspección visual de los filtros de fibra de vidrio y se hace la foliación de los mismos. El paso

siguiente es el acondicionamiento del filtro que consiste en colocarlo en un desecador bajo condiciones controladas de humedad relativa, por un período de 24 horas, para después realizar el pesado inicial del mismo en una balanza analítica, empacarlo en un sobre de papel manila y de este modo dejarlo listo para realizar el muestreo.

El sobre debe contener la siguiente información: nombre de la estación, fecha de muestreo y número de filtro.

La operación de muestreo se lleva a cabo con un muestreador de alto volumen.

Una vez realizado el muestreo, el filtro regresa al laboratorio, donde deberá ser revisado con el objeto de verificar cualquier daño (si es así deberá ser descartado) y se procederá a pesarlo en las mismas condiciones en que se llevó a cabo el pesado inicial. La diferencia de peso proporcionará información sobre la cantidad de partículas en ese filtro.

Técnica en que se basa el análisis de metales pesados en filtros de alto volumen.

Este análisis consistió en determinar solamente los siguientes metales pesados: plomo, cadmio, cromo y cobre.

- a) Se corta un segmento de la parte central del filtro equivalente a un 15% del área total de la muestra.
- b) Se coloca en un vaso de precipitados y se desgarrá.
- c) Se agregan 50 ml de ácido nítrico (HNO_3) al 20% al cual se le agregó 1 gr de perclorato de potasio (KClO_4) y unas gotas de ácido clorhídrico concentrado (HCl).
- d) Se pone a ebullición hasta que el volumen se reduzca aproximadamente a 10 ml.

- e) Se deja enfriar y se filtra a través de un papel filtro.
- f) Se afora con agua destilada a un volumen conveniente de acuerdo con la concentración esperada (100 ml).
- g) Esta solución se coloca en el espectrofotómetro de absorción atómica, el cual compara las absorbancias leídas con absorbancias registradas, previamente, en dos memorias con que cuenta el aparato, para dos concentraciones conocidas (arriba y abajo de la esperada) y da directamente la concentración del metal analizado en la muestra problema (ver anexo 2).

Nota:- Para lotes grandes de filtros (500 filtros) seleccionar al azar 20 a 30 filtros de un lote dado. Para más pequeños lotes un mucho menor número de filtros puede ser tomado (12).

4.4.- Cálculos.

Partículas suspendidas totales.

El método analítico básico que se aplica a la muestra es gravimétrico y tomando en cuenta que el muestreador opera generalmente durante 24 horas aspirando un volumen de aire a razón de 1.3 a 1.7 m³/min.

Los cálculos de concentración de partículas en los filtros pueden efectuarse de acuerdo con el método del ejemplo siguiente:

a) Determinación de la masa de partículas.

Peso del filtro	antes	3.1820 g
	después	3,5500 g
Masa de partículas		0.3680 g

b) Flujo promedio del aire: $1.695 \text{ m}^3/\text{min}$

c) Volumen total de aire:

$$1.695 \text{ m}^3/\text{min} \times 1440 \text{ min}/24 \text{ hr} = 2440.8 \text{ m}^3 \text{ en } 24 \text{ hrs.}$$

Nota: El volumen debe ser corregido por temperatura y presión de acuerdo con la localización de la estación de muestreo, para expresarlo en condiciones normales.

d) Concentración (c)

$$C = \frac{\text{Peso de partículas}}{\text{Volumen total}} = \frac{0.3680 \text{ g}}{2440 \text{ m}^3} \left| \frac{10^6 \text{ Mg}}{\text{g}} \right. = 150 \text{ Mg}$$

Metales pesados.

Debido a que las lecturas obtenidas en el espectrofotómetro de absorción atómica son las concentraciones del metal analizado en partes por millón (ppm). Se incluye el siguiente ejemplo para ilustrar los cálculos realizados para llegar a obtener las concentraciones en Mg/m^3 tomando en cuenta la dilución que se efectuó.

a) Concentración en ppm en la muestra analizada (15% del filtro). Como ejemplo tomar 0.3 ppm.

b) $\text{Ppm} = \text{mg}/1 = \text{mg} / 1000 \text{ ml}$, por la dilución (100 ml).

$$\frac{\text{mg} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \therefore \text{ppm}/10 = \text{mg} \text{ en el } 15\% \text{ del filtro}$$

$$\text{para el ejemplo} = 0.3/10 = 0.03 \text{ mg} .$$

c) $(\text{mg} \times 100)/15 = \text{mg}$ en el 100% del filtro

$$\text{para el ejemplo} = (0.03 \times 100)/15 = 0.2 \text{ mg} .$$

$$d) \text{ mg} \times 10^3 = \text{Mg}$$

para el ejemplo $0.2 \times 10^3 = 200 \text{ Mg}$.

$$e) \text{ Mg/m}^3 \text{ de aire muestreado} = \text{Mg/m}^3 \text{ del metal analizado.}$$

Para el ejemplo suponiendo 2003.36 m^3 de aire muestreado.

$$200 \text{ Mg}/2003.36 = 9.98 \times 10^{-2} \text{ Mg/m}^3.$$

5.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En los Cuadros 5.1, 5.1A, 5.2 y 5.2A, se presentan las concentraciones de partículas suspendidas de 45 muestras obtenidas durante el año de 1983 en dos estaciones.

Los cuadros, del 5.3 al 5.6A presentan a su vez las concentraciones de partículas suspendidas de 100 muestras obtenidas durante 1985, pero mediante cuatro estaciones.

Los resultados de los metales pesados determinados se indican en los cuadros, 5.7 al 5.10. Aquí cabe hacer notar que del total de muestras se analizaron 34, correspondiendo 6 a filtros muestreados en 1983 en diferentes meses y estaciones, y 28 a filtros muestreados en 1985, también en diferentes meses y estaciones, esto con la finalidad de obtener en cada caso una muestra diaria representativa.

El número de muestras analizadas (34) fue tomada en base al criterio del método para determinar metales pesados en partículas suspendidas colectadas de aire ambiental que es utilizado en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). El método establece que para un lote grande de filtros (500), se seleccione al azar 20 ó 30 filtros y para lotes pequeños (menos de 500) un número menor de filtros puede ser tomado.

En los cuadros, del 5.11 al 5.16 se indican las concentraciones medias mensuales (\bar{x}) de los contaminantes en estudio, para cada una de las estaciones de muestreo.

El equipo de muestreo usado, fue el correspondiente a las redes de monitoreo de las Delegaciones Estatales de la Ex-Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente en 1983 y de la SEDUE en 1985, como se indicó en el plan de trabajo, por lo cual la localización de los muestreadores fue acorde a los lineamientos establecidos por esas dependencias. Con respecto al muestreo en la primera etapa (1983) fue efectuado por el suscrito, no así la segunda etapa (1985) que fue realizado por personal de la Delegación Estatal de SEDUE.

CUADRO 5.1
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (µg./m ³) C
26-9-83	CQ	9362	3.7760	3.9794	0.2034	1.0259	1.4270	1410	2012.00	101.09
27-9-83	CQ	9364	3.8292	3.9489	0.1197	1.0165	1.4130	1440	2034.78	58.82
28-9-83	CQ	9367	3.7488	4.0190	0.2702	1.0151	1.4109	1430	2017.58	133.92
29-9-83	CQ	9368	3.7811	3.8385	0.0574	1.0188	1.4164	1450	2055.21	27.92
3-10-83	CQ	9370	3.8500	3.9440	0.0940	0.9940	1.3795	1440	1986.50	47.31
4-10-83	CQ	9372	3.8382	3.9108	0.0726	1.0047	1.3953	1425	1988.34	36.51
5-10-83	CQ	9550	3.8285	3.9505	0.1220	0.0047	1.3953	1440	2009.23	60.72
6-10-83	CQ	9552	3.8662	3.9521	0.0859	1.0080	1.4004	1430	2002.55	42.80
10-10-83	CQ	9553	3.6671	3.9631	0.2960	0.0047	0.3953	1430	1995.27	148.35
11-10-83	CQ	9556	3.8752	3.9749	0.0997	0.9727	1.3477	1440	1940.66	51.37
12-10-83	CQ	9559	3.8282	3.9214	0.0932	1.0188	1.4164	1430	2025.45	46.01
18-10-83	CQ	9560	3.8345	3.9464	0.1119	0.9976	1.3848	1435	1987.17	56.31
19-10-83	CQ	9563	3.7749	3.9800	0.2051	0.9950	1.3810	1440	1988.63	103.14

OBSERVACIONES: CQ = Estación Ciencias Químicas

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.1.A

CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
20-10-83	CQ	9564	3.8082	3.9629	0.1547	1.0188	1.4164	1425	2018.37	76.74
25-10-83	CQ	9566	3.8121	3.9788	0.1667	1.0021	1.3915	1480	2059.47	80.94
26-10-83	CQ	9569	3.7980	3.9794	0.1814	1.0228	1.4223	1440	2048.13	88.56
27-10-83	CQ	9571	3.7824	3.8051	0.0227	1.0058	1.3970	1440	2011.70	11.28
7-11-83	CQ	9572	3.7871	3.8225	0.0354	0.9998	1.3882	1440	1998.95	17.70
8-11-83	CQ	9575	3.8018	3.9236	0.1218	1.0188	1.4164	1420	2011.28	60.55
9-11-83	CQ	9577	3.7917	3.8554	0.0637	1.0129	1.4076	1430	2012.81	31.64
15-11-83	CQ	9582	3.7881	3.9462	0.1581	1.0021	1.3915	1440	2003.81	78.90
16-11-83	CQ	9583	3.7894	3.9286	0.1392	1.0386	1.4459	1410	2038.76	68.27
17-11-83	CQ	9585	3.7928	3.9912	0.1984	0.9846	1.3654	1420	1938.85	102.33
28-11-83	CQ	9587	3.7782	3.9003	0.1221	0.9880	1.3705	1440	1973.45	61.87
29-11-83	CQ	9590	3.8023	3.9918	0.1895	0.9149	1.3617	1425	1797.86	105.40

OBSERVACIONES: CQ = Estación Ciencias Químicas

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.2

CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
1-9-83	BA	9361	3.8116	3.9491	0.1375	1.0858	1.5164	1425	2160.87	63.63
26-9-83	BA	9363	3.8419	3.9713	0.1294	1.1072	1.5482	1430	2213.93	58.44
28-9-83	BA	9366	3.8256	3.9684	0.1428	1.0858	1.5164	1440	2183.61	65.40
29-9-83	BA	9369	3.7288	3.8035	0.0747	1.1184	1.5648	1440	2253.31	33.15
3-10-83	BA	9371	3.7847	4.0070	0.2223	1.0521	1.4662	1440	2111.32	10.56
6-10-83	BA	9554	3.8900	3.9782	0.0882	1.1071	1.5480	1450	2244.6	39.29
10-10-83	BA	9555	3.8457	3.9430	0.0973	1.0896	1.5218	1435	2183.0	44.55
12-10-83	BA	9558	3.7682	3.8507	0.0825	1.1588	1.6250	1440	2340.20	35.25
18-10-83	BA	9561	3.8043	3.9940	0.1897	1.0542	1.4775	1425	2105.51	90.09
19-10-83	BA	9562	3.8126	3.9289	0.1163	1.0717	1.4952	1440	2153.18	54.01
20-10-83	BA	9565	3.8399	4.0021	0.1622	1.0329	1.4374	1440	2069.99	78.35
26-10-83	BA	9568	3.7902	3.9887	0.1985	1.0646	1.4847	1430	2123.15	93.49
27-10-83	BA	9570	3.7749	3.9632	0.1883	1.1153	1.5602	1412	2203.00	85.47

OBSERVACIONES: BA = Estación Bellas Artes

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.2.A
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
8-11-83	BA	9574	3.7718	3.8952	0.1234	0.9655	1.3371	1425	1905.42	64.76
10-11-83	BA	9576	3.7804	3.9434	0.1630	1.0776	1.5041	1410	2120.81	76.85
11-11-83	BA	9579	3.7864	3.9416	0.1552	1.0836	1.5129	1440	2178.68	71.23
16-11-83	BA	9584	3.7721	3.8926	0.1205	1.0739	1.4986	1420	2128.06	56.62
17-11-83	BA	9586	3.7843	3.8998	0.1155	1.0210	1.4108	1440	2044.49	56.49
28-11-83	BA	9588	3.7875	3.8896	0.1021	0.9927	1.3776	1450	1997.55	51.11
29-11-83	BA	9589	3.7903	3.8952	0.1049	0.9633	1.337	1440	1920.62	54.61

OBSERVACIONES: BA = Estación Bellas Artes

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.3
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³) V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
22-6-85	I	0	3.7892	3.8542	0.065	1.0511	1.4645	1395	2042.96	31.86
27-6-85	I	8	3.7999	4.0359	0.2360	0.7480	1.0129	1395	1412.99	167.02
30-6-85	I	12	3.8027	3.8531	0.0504	1.0516	1.4653	1440	2110.07	23.88
4-7-85	I	16	3.7881	4.0384	0.2503	1.0369	1.4434	1440	2078.49	120.42
17-7-85	I	20	3.8165	4.0280	0.2115	1.0298	1.4329	1430	2049.04	103.22
19-7-85	I	24	3.8225	4.0398	0.2173	1.0341	1.4392	1440	2072.42	104.85
23-7-85	I	26	3.7998	4.0292	0.2294	1.0259	1.4270	1450	2069.08	110.87
25-7-85	I	30	3.7907	3.9613	0.1706	1.0754	1.5007	1440	2161.07	78.94
27-7-85	I	34	3.7886	3.9111	0.1225	1.0406	1.4489	1440	2086.39	58.71
30-7-85	I	38	3.8194	3.9265	0.1071	1.0270	1.4286	1440	2057.24	52.06
1-8-85	I	42	3.7863	3.8916	0.1053	1.0188	1.4164	1445	2046.71	51.44
4-8-85	I	46	3.7714	3.8871	0.1158	1.1399	1.5969	1425	2275.56	50.88
6-8-85	I	50	3.7954	4.4020	0.6066	1.0199	1.4181	1440	2042.06	297.05

OBSERVACIONES: Estación I = CONALEP

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.3.A
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g) P ₁	PESO FINAL (g) P ₂	POLVO (g) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³) V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
8-8-85	I	54	3.7950	4.2227	0.4277	0.9950	1.3810	1440	1988.63	215.07
10-8-85	I	58	3.7968	4.0018	0.2050	1.0700	1.4927	1430	2134.61	96.03
13-8-85	I	62	3.7926	4.3014	0.5088	1.0635	1.4830	1445	2142.99	237.43
15-8-85	I	66	3.7921	3.9050	0.1129	1.0658	1.4864	1440	2140.43	52.74
17-8-85	I	70	3.8102	3.9056	0.0954	1.0431	1.4527	1425	2070.06	46.08
21-8-85	I	77	3.7758	4.0600	0.2842	0.9715	1.3460	1425	1918.04	148.17
23-8-85	I	78	3.7789	3.9625	0.1836	1.0211	1.4198	1440	2044.49	89.80
1-9-85	I	82	3.8016	3.9411	0.1395	1.0471	1.4586	1410	2056.60	67.83
7-9-85	I	89	3.7846	3.8807	0.0961	1.0188	1.4164	1440	2039.63	47.11
10-9-83	I	90	3.7789	4.0294	0.2505	1.0146	1.4101	1440	2030.52	123.37
12-9-85	I	94	3.8005	4.0859	0.2854	1.0035	1.3936	1425	1985.94	143.71
13-9-85	I	98	3.7877	4.0103	0.2226	1.0245	1.4248	1440	2051.78	108.49

OBSERVACIONES: Estación I = CONALEP

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.4
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³) V _m	CONCENTRACION (M.g./m ³) C
22-6-85	II	1	3.7470	3.7928	0.0458	1.1054	1.5454	1420	2194.53	20.87
25-6-85	II	5	3.6656	3.8202	0.1546	1.0887	1.5206	1420	2159.20	71.60
27-6-85	II	9	3.7979	3.9443	0.1464	1.0811	1.5092	1430	2158.13	67.83
30-6-85	II	13	3.8063	3.8483	0.0420	1.1665	1.6365	1440	2356.59	17.82
4-7-85	II	17	3.8291	3.9324	0.1033	1.0729	1.4970	1430	2140.64	48.25
17-7-85	II	21	3.8098	3.8335	0.0237	1.0825	1.5113	1440	2176.25	10.89
19-7-85	II	25	3.8064	3.9860	0.1796	1.1229	1.5716	1425	2239.51	80.19
23-7-85	II	27	3.7956	3.9229	0.1273	1.0941	1.5286	1440	2201.15	57.83
25-7-85	II	31	3.7881	3.9123	0.1242	1.1201	1.5674	1440	2257.01	55.02
27-7-85	II	35	3.8155	3.9357	0.1202	1.1289	1.5804	1425	2252.13	53.37
30-7-85	II	39	3.8140	3.9020	0.0880	1.1082	1.5497	1440	2231.51	39.43
1-8-85	II	43	3.7882	3.9173	0.1291	1.0762	1.5020	1440	2162.90	59.68
4-8-85	II	47	3.7713	3.8947	0.1234	1.1399	1.5969	1425	2275.56	54.22

OBSERVACIONES:

Estación II = Esc. Sec. Ricardo Flores Magón

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.4.A
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P_1	PESO FINAL (g.) P_2	POLVO (g.) $P_2 - P_1$	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F_1	FLUJO REAL (m ³ /min.) F_2	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V_m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
6-8-85	II	51	3.7969	3.9659	0.1690	1.0912	1.5244	1440	2195.08	76.99
8-8-85	II	55	3.7999	4.0236	0.2237	1.0941	1.5286	1440	2201.15	101.63
10-8-85	II	59	3.8022	3.9141	0.1119	1.1210	1.5497	1425	2208.26	50.67
13-8-85	II	63	3.8020	3.9988	0.1968	1.0931	1.5271	1440	2199.02	89.40
15-8-85	II	67	3.7833	3.9251	0.1418	1.1651	1.6344	1425	2329.04	60.88
17-8-85	II	71	3.7952	3.8617	0.0655	1.2127	1.7053	1405	2395.88	27.33
21-8-85	II	75	3.7908	4.0249	0.3341	1.1048	1.5446	1395	2154.72	155.05
23-8-85	II	79	3.7945	4.05050	0.2605	1.1484	1.6095	1440	2317.73	112.39
1-9-85	II	83	3.7810	3.9241	0.1431	1.1685	1.6395	1410	2311.76	61.90
7-9-85	II	88	3.7663	3.9469	0.1806	1.1637	1.6323	1455	2375.01	76.04
10-9-85	II	91	3.7712	4.0152	0.2440	1.1017	1.5400	1410	2171.34	112.37
12-9-85	II	95	3.7842	4.0386	0.2544	1.1331	1.5868	1440	2284.94	111.34
18-9-85	II	99	3.7805	4.0505	0.2700	1.1365	1.5918	1455	2316.11	116.57

OBSERVACIONES:

Estación II = Esc. Sec. Ricardo Flores Magón

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.5

CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
22-6-85	III	2	3.7542	3.8180	0.0638	1.0293	1.4320	1420	2033.46	31.37
25-6-85	III	6	3.6671	3.8064	0.1393	1.0375	1.442	1410	2036.38	68.40
27-6-85	III	10	3.8040	3.9284	0.1244	1.0669	1.4881	1435	2135.42	58.2
30-6-85	III	14	3.8222	3.9004	0.0782	1.0669	1.4881	1440	2142.86	36.49
4-7-85	III	18	3.8196	3.9623	0.1427	1.0032	1.3932	1440	2006.24	71.12
17-7-85	III	22	3.8008	3.8960	0.0952	1.0341	1.4392	1440	2073.42	45.93
23-7-85	III	28	3.8007	3.9163	0.1156	1.0375	1.4442	1425	2058.04	56.17
25-7-85	III	32	3.8101	3.9154	0.1053	1.0400	1.4480	1405	2034.49	51.75
27-7-85	III	36	3.8069	3.9179	0.1110	1.0881	1.5197	1425	2165.60	51.25
30-7-85	III	40	3.8121	3.8730	0.0609	1.0618	1.4805	1440	2131.93	28.56
1-8-85	III	44	3.7845	3.8894	0.1049	1.0457	1.4565	1440	2097.32	50.01
4-8-85	III	48	3.7866	3.8850	0.0984	1.0918	1.5252	1440	2196.29	44.80
6-8-85	III	52	3.7977	3.9371	0.1394	1.0658	1.4864	1440	2140.43	65.12

OBSERVACIONES: Estación III = Bellas Artes

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.5.A

CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g) P ₁	PESO FINAL (g) P ₂	POLVO (g) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁ '	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
8-8-85	III	56	3.8069	3.9585	0.1516	1.0482	1.4603	1440	2102.78	72.09
10-8-85	III	60	3.7738	3.8813	0.1075	1.1037	1.5429	1440	2221.79	48.38
13-8-85	III	64	3.7748	3.9845	0.2097	1.0789	1.5060	1440	2168.66	96.69
15-8-85	III	68	3.7918	3.9233	0.1315	1.1071	1.5480	1425	2205.86	59.61
17-8-85	III	72	3.8072	3.8935	0.0863	1.1546	1.6188	1410	2282.53	37.89
21-8-85	III	76	3.7938	3.9152	0.1214	1.1142	1.5585	1425	2220.88	54.66
23-8-85	III	81	3.7870	3.9439	0.1569	1.1391	1.5956	1440	2297.69	68.28
1-9-85	III	85	3.7949	3.8985	0.1036	0.9492	1.3127	1440	1890.26	54.80
7-9-85	III	86	3.7843	3.8858	0.1002	1.1897	1.6711	1395	2331.18	42.98
10-9-85	III	93	3.7894	3.9305	0.1411	1.1462	1.6062	1440	2312.87	61.00
12-9-85	III	97	3.7600	3.8993	0.1393	1.0024	1.3920	1410	1962.66	70.97

OBSERVACIONES: Estación III = Bellas Artes

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.6
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P ₁	PESO FINAL (g.) P ₂	POLVO (g.) P ₂ - P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (Mg./m ³) C
25-6-85	IV	7	3.8276	3.9419	0.1143	1.1029	1.5417	1440	2219.97	51.48
27-6-85	IV	11	3.8182	3.9292	0.1110	1.0069	1.3987	1440	2014.13	55.11
30-6-85	IV	15	3.7555	3.8120	0.0565	1.0412	1.4497	1425	2065.86	27.34
4-7-85	IV	19	3.8262	3.9634	0.1372	1.0134	1.4084	1460	2056.26	66.72
17-7-85	IV	23	3.8168	3.9102	0.0934	1.0117	1.4059	1425	2003.36	46.62
23-7-85	IV	29	3.8075	3.9108	0.1033	1.0528	1.4670	1440	2112.50	48.89
25-7-85	IV	33	3.7952	3.8950	0.0998	0.9956	1.3818	1475	2038.21	48.96
27-7-85	IV	37	3.8243	3.9264	0.1021	1.0723	1.4961	1410	2109.51	48.40
30-7-85	IV	41	3.8042	3.8652	0.0610	1.0380	1.4451	1455	2102.60	29.01
1-8-85	IV	45	3.7917	3.8722	0.0805	1.0760	1.5016	1455	2184.81	36.84
4-8-85	IV	49	3.7704	3.8670	0.0966	1.0539	1.4687	1420	2085.55	46.31
6-8-85	IV	53	3.7897	3.9168	0.1271	1.0163	1.4126	1440	2034.17	62.48
8-8-85	IV	57	3.7819	3.9207	0.1388	1.0392	1.4468	1440	2083.35	66.62

OBSERVACIONES: Estación IV = Escuela Nicolás Campa

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.6

CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g) P ₁	PESO FINAL (g) P ₂	POLVO (g.) P ₂ -P ₁	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F ₁	FLUJO REAL (m ³ /min.) F ₂	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V _m	CONCENTRACION (µg./m ³) C
25-6-85	IV	7	3.8276	3.9419	0.1143	1.1029	1.5417	1440	2219.97	51.48
27-6-85	IV	11	3.8182	3.9292	0.1110	1.0069	1.3987	1440	2014.13	55.11
30-6-85	IV	15	3.7555	3.8120	0.0565	1.0412	1.4497	1425	2065.86	27.34
4-7-85	IV	19	3.8262	3.9634	0.1372	1.0134	1.4084	1460	2056.26	66.72
17-7-85	IV	23	3.8168	3.9102	0.0934	1.0117	1.4059	1425	2003.36	46.62
23-7-85	IV	29	3.8075	3.9108	0.1033	1.0528	1.4670	1440	2112.50	48.89
25-7-85	IV	33	3.7952	3.8950	0.0998	0.9956	1.3818	1475	2038.21	48.96
27-7-85	IV	37	3.8243	3.9264	0.1021	1.0723	1.4961	1410	2109.51	48.40
30-7-85	IV	41	3.8042	3.8652	0.0610	1.0380	1.4451	1455	2102.60	29.01
1-8-85	IV	45	3.7917	3.8722	0.0805	1.0760	1.5016	1455	2184.81	36.84
4-8-85	IV	49	3.7704	3.8670	0.0966	1.0539	1.4687	1420	2085.55	46.31
6-8-85	IV	53	3.7897	3.9168	0.1271	1.0163	1.4126	1440	2034.17	62.48
8-8-85	IV	57	3.7819	3.9207	0.1388	1.0392	1.4468	1440	2083.35	66.62

OBSERVACIONES: Estación IV = Escuela Nicolás Campa

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^6$$

CUADRO 5.6.A
CALCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE PARTICULAS SUSPENDIDAS

FECHA	ESTACION No.	FILTRO No.	PESO INICIAL (g.) P_1	PESO FINAL (g.) P_2	POLVO (g.) $P_2 - P_1$	FLUJO CARTA (m ³ /min.) F_1	FLUJO REAL (m ³ /min.) F_2	TIEMPO DE MUESTREO (min.) t	VOLUMEN MUESTREADO (m ³). V_m	CONCENTRACION (µg./m ³) C
10-8-85	IV	61	3.7885	3.9076	0.1191	1.0836	1.5130	1425	2155.99	55.24
13-8-85	IV	65	3.7745	3.9396	0.1651	1.0680	1.4898	1430	2130.39	77.49
15-8-85	IV	69	3.7902	4.0960	0.3058	0.9897	1.3730	1415	1942.77	157.40
17-8-85	IV	73	3.8089	3.8850	0.0761	1.0740	1.4986	1410	2113.08	36.01
21-8-85	IV	74	3.8105	3.9284	0.1179	1.0717	1.4953	1455	2175.61	54.19
23-8-85	IV	80	3.7792	3.9281	0.1489	1.1464	1.6066	1425	2289.38	65.03
1-9-85	IV	84	3.7688	3.8875	0.1187	1.1897	1.6711	1440	2406.38	49.32
7-9-85	IV	87	3.7845	3.8850	0.1005	1.1696	1.6412	1430	2356.86	42.82
10-9-85	IV	92	3.7678	3.9041	0.1363	1.1340	1.5880	1455	2310.59	58.98
12-9-85	IV	96	3.7903	3.9464	0.1561	1.5118	1.6146	1440	2325.02	67.13

OBSERVACIONES: Estación IV = Escuela Nicolás Campa

FORMULAS:

$$V_m = F_2 \times t$$

$$C = \frac{P_2 - P_1}{V_m} \times 10^5$$

CUADRO 5.7
ANALISIS DE METALES PESADOS

METAL ANALIZADO: PLOMO

No. DE FILTRO	FECHA	CONCENTRACION (ppm) EN EL 15% DEL FILTRO	Mgr. DEL METAL EN EL 100 % DEL FILTRO.	VOLUMEN DE AIRE MUESTREADO (m ³)	CONCENTRACION Mgr./m ³ (10 ⁻²)
9364	27-Sep-83	0.1	66.67	2034.78	3.28
9366	28-Sep-83	0.1	66.67	2183.61	3.05
9562	19-Oct-83	0.1	66.67	2153.18	3.10
9563	"	0.4	266.67	1988.63	13.41
9585	17-Nov-83	0.1	66.67	1938.85	3.44
9586	"	0.2	133.33	2044.49	6.52
8	27-Jun-85	0.1	66.67	1412.99	4.72
9	"	0.1	66.69	2158.13	3.09
10	"	0.1	66.67	2135.42	3.12
11	"	0.1	66.67	2014.13	3.31
20	17-Jul-85	0.1	66.67	2049.04	3.25
21	"	0.1	66.67	2176.25	3.06
22	"	0.3	200.00	2072.42	9.65
23	"	0.3	200.00	2003.36	9.98
34	27-Jul-85	0.0	0.00	2086.39	0.00
35	"	0.1	66.67	2252.13	2.96
36	"	0.5	333.33	2165.60	15.39
37	27-Jul-85	0.00	0.00	2109.51	0.00
42	1-Ago-85	0.1	66.67	2046.71	3.25
43	"	0.0	0.00	2162.90	0.00
44	"	0.1	66.67	2097.32	3.17
45	"	0.1	66.67	2184.81	3.05
50	6-Ago-85	0.0	0.00	2042.06	0.00
51	"	0.1	66.67	2195.08	3.04
52	"	0.4	266.67	2140.43	12.46
53	"	0.4	266.67	2034.17	13.11
74	21-Ago-85	0.2	133.33	2175.61	6.13
75	"	0.1	66.67	2154.72	3.09
76	"	0.5	66.67	2220.88	3.00
77	"	0.0	0.0	1918.04	0.0
82	1-Sep-85	0.1	66.67	2056.60	3.24
83	"	0.1	66.67	2311.66	2.88
84	"	0.0	0.0	2406.38	0.0
85	"	0.1	66.67	1890.26	3.52

CUADRO 5.8
ANALISIS DE METALES PESADOS

METAL ANALIZADO: CADMIO		CONCENTRACION (ppm) EN EL 15% DEL FILTRO	Mgr. DEL METAL EN EL 100 % DEL FILTRO.	VOLUMEN DE AIRE MUESTREADO (m ³)	CONCENTRACION - Mgr./m ³ (10 ⁻²)
No. DE FILTRO	FECHA				
9364	27-Sep-83	0.03	20.00	2034.78	0.98
9366	28-Sep-83	0.03	20.00	2183.61	0.92
9562	19-Oct-83	0.02	13.33	2153.18	0.62
9563	"	0.02	13.33	1988.63	0.67
9585	17-Nov-83	0.01	6.67	1938.85	0.34
9586	"	0.01	6.67	2044.49	0.33
8	27-Jun-85	0.05	33.33	1412.99	2.36
9	"	0.03	20.00	2158.13	0.93
10	"	0.04	26.66	2135.42	1.25
11	"	0.03	20.00	2014.13	0.99
20	17-Jul-85	0.04	26.66	2049.04	1.30
21	"	0.03	20.00	2176.25	0.92
22	"	0.04	26.66	2072.42	1.29
23	"	0.05	33.33	2003.36	1.66
34	27-Jul-85	0.06	40.00	2086.39	1.92
35	"	0.06	40.00	2252.13	1.78
36	"	0.07	46.66	2165.60	2.15
37	27-Jul-85	0.06	40.00	2109.51	1.89
42	1-Ago-85	0.03	20.00	2046.71	0.97
43	"	0.04	26.66	2162.90	1.23
44	"	0.05	33.33	2097.32	1.59
45	"	0.05	33.33	2184.81	1.52
50	6-Ago-85	0.03	20.00	2042.06	0.98
51	"	0.04	26.66	2195.08	1.21
52	"	0.05	33.33	2140.43	1.56
53	"	0.05	33.33	2034.17	1.64
74	21-Ago-85	0.04	26.66	2175.61	1.23
75	"	0.04	26.66	2154.72	1.24
76	"	0.06	40.00	2220.88	1.80
77	"	0.05	33.33	1918.04	1.74
82	1-Sep-85	0.04	26.66	2056.60	1.29
83	"	0.05	33.33	2311.66	1.44
84	"	0.07	46.66	2406.38	1.94
85	"	0.07	46.66	1890.26	2.47

CUADRO 5.9
ANALISIS DE METALES PESADOS

METAL ANALIZADO: CROMO					
No. DE FILTRO	FECHA	CONCENTRACION (ppm) EN EL 15% DEL FILTRO	Mgr. DEL METAL EN EL 100 % DEL FILTRO.	VOLUMEN DE AIRE MUESTREADO (m ³)	CONCENTRACION Mgr./m ³ (10 ⁻²)
9364	27-Sep-83	0.23	153.33	2034.78	7.53
9366	28-Sep-83	0.17	113.33	2183.61	5.19
9562	19-Oct-83	0.14	93.33	2153.18	4.33
9563	"	0.26	173.33	1988.63	8.71
9585	17-Nov-83	0.21	140.00	1938.85	7.22
9586	"	0.17	113.33	2044.49	5.54
8	27-Jun-85	0.13	86.66	1412.99	6.13
9	"	0.18	120.00	2158.13	5.56
10	"	0.18	120.00	2135.42	5.61
11	"	0.21	140.00	2014.13	6.95
20	17-Jul-85	0.18	120.00	2049.04	5.85
21	"	0.13	86.66	2176.25	3.98
22	"	0.20	133.33	2072.42	6.43
23	"	0.25	166.66	2003.36	8.32
34	27-Jul-85	0.28	186.66	2086.39	8.94
35	"	0.25	166.66	2252.13	7.40
36	"	0.18	120.00	2165.60	5.54
37	27-Jul-85	0.19	126.66	2109.51	6.00
42	1-Ago-85	0.22	146.66	2046.71	7.16
43	"	0.24	160.00	2162.90	7.39
44	"	0.26	173.33	2097.32	8.26
45	"	0.31	206.66	2184.81	9.45
50	6-Ago-85	0.24	160.00	2042.06	7.83
51	"	0.24	160.00	2195.08	7.28
52	"	0.17	113.33	2140.43	5.29
53	"	0.15	100.00	2034.17	4.91
74	21-Ago-85	0.05	33.33	2175.61	1.53
75	"	0.07	46.66	2154.72	2.16
76	"	0.12	80.00	2220.88	3.60
77	"	0.30	200.00	1918.04	10.42
82	1-Sep-85	0.12	80.00	2056.60	3.89
83	"	0.17	113.33	2311.66	4.90
84	"	0.15	100.00	2406.38	4.15
85	"	0.17	133.33	1890.26	5.99

CUADRO 5.10
ANALISIS DE METALES PESADOS

METAL ANALIZADO: COBRE

No. DE FILTRO	FECHA	CONCENTRACION (ppm) EN EL 15% DEL FILTRO	Mgr. DEL METAL EN EL 100 % DEL FILTRO.	VOLUMEN DE AIRE MUESTREADO (m ³)	CONCENTRACION Mgr./m ³ (10 ⁻²)
9364	27-Sep-83	0.10	66.67	2034.78	3.28
9366	28-Sep-83	0.25	166.67	2183.61	7.63
9562	19-Oct-83	0.54	360.00	2153.18	16.72
9563	19-Oct-83	0.17	113.33	1988.63	5.70
9585	17-Nov-83	0.12	80.00	1938.85	4.13
9586	17-Nov-83	0.47	313.00	2044.49	15.31
8	27-Jun-85	0.11	73.33	1412.99	5.19
9	27-Jun-85	0.17	113.33	2158.13	5.25
10	27-Jun-85	0.12	80.00	2135.42	3.75
11	27-Jun-85	0.10	66.67	2014.13	3.31
20	17-Jul-85	0.07	46.67	2049.04	2.28
21	17-Jul-85	0.12	80.00	2176.25	3.68
22	17-Jul-85	0.21	140.00	2072.42	6.76
23	17-Jul-85	0.11	73.33	2003.36	3.66
34	27-Jul-85	0.14	93.33	2086.39	4.47
35	27-Jul-85	0.17	113.33	2252.13	5.03
36	27-Jul-85	0.21	140.00	2165.60	6.46
37	27-Jul-85	0.14	93.33	2109.51	4.42
42	1-Ago-85	0.14	93.33	2046.71	4.56
43	1-Ago-85	0.17	113.33	2162.90	5.24
44	1-Ago-85	0.16	106.66	2097.32	5.08
45	1-Ago-85	0.12	80.00	2184.81	3.66
50	6-Ago-85	0.14	93.33	2042.06	4.26
51	6-Ago-85	0.17	113.33	2195.08	5.16
52	6-Ago-85	0.24	160.00	2140.43	7.48
53	6-Ago-85	0.14	93.33	2034.17	4.59
74	21-Ago-85	0.12	80.00	2175.61	3.67
75	21-Ago-85	0.17	113.33	2154.72	5.25
76	21-Ago-85	0.17	113.33	2220.88	5.10
77	21-Ago-85	0.21	140.00	1918.04	7.30
82	1-Sep-85	0.15	100.00	2056.60	4.86
83	1-Sep-85	0.24	160.00	2311.66	6.92
84	1-Sep-85	0.14	93.33	2406.38	3.87
85	1-Sep-85	0.26	173.33	1890.26	9.17

CUADRO 5.11
CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE CONTAMINANTES
(PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES, COBRE, CADMIO, CROMO Y PLOMO)

MES AÑO	\bar{X} CONCENTRACION DE P. S. T. (Mgr./m ³)	\bar{X} METALES PESADOS Mgr./m. ³ (10 ⁻²)			
		Cu	Cd	Cr	Pb
Sep. 83	80.438	3.28	0.98	7.53	3.28
Oct. 83	65.387	5.70	0.67	8.71	13.41
Nov. 83	65.833	4.13	0.34	7.22	3.44

ESTACION CIENCIAS QUIMICAS

CUADRO 5.12
CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE CONTAMINANTES
(PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES, COBRE, CADMIO, CROMO Y PLOMO)

MES AÑO	\bar{X} CONCENTRACION DE P. S. T. (Mgr./m. ³)	\bar{X} METALES PESADOS Mgr./m. ³ (10 ⁻²)			
		Cu	Cd	Cr	Pb
Sep. 83	55.16	7.63	0.91	5.19	3.051
Oct. 83	59.00	16.72	0.62	4.33	3.10
Nov. 83	61.66	15.31	0.32	5.54	6.52

ESTACION BELLAS ARTES

CUADRO 5.13

CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE CONTAMINANTES
(PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES, COBRE, CADMIO, CROMO Y PLOMO)

MES AÑO	\bar{X} CONCENTRACION DE P. S. T. (Mgr./m ³)	\bar{X} METALES PESADOS Mgr./m. ³ (10 ⁻²)			
		Cu	Cd	Cr	Pb
Jun. 85	74.25	5.19	2.30	5.56	4.72
Jul. 85	89.86	3.37	1.60	7.39	1.62
Ago. 85	128.46	5.57	1.20	8.47	1.02
Sep. 85	98.10	4.86	1.22	3.89	3.24

ESTACION CONALEP

CUADRO 5.14

CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE CONTAMINANTES
(PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES, COBRE, CADMIO, CROMO Y PLOMO)

MES AÑO	\bar{X} CONCENTRACION DE P. S. T. (Mgr./m. ³)	\bar{X} METALES PESADOS Mgr./m. ³ (10 ⁻²)			
		Cu	Cd	Cr	Pb
Jun. 85	45.27	5.25	0.926	5.56	3.09
Jul. 85	42.28	4.35	1.34	5.69	3.01
Ago. 85	78.83	5.21	1.22	5.61	2.04
Sep. 85	95.64	6.92	1.44	4.90	2.88

ESTACION ESC. SEC. RICARDO FLORES MAGON

CUADRO 5.15

CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE CONTAMINANTES
(PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES, COBRE, CADMIO, CROMO Y PLOMO)

MES AÑO	\bar{X} CONCENTRACION DE P. S. T. (Mgr./m ³)	\bar{X} METALES PESADOS mgr./m. ³ (10 ⁻²)			
		Cu	Cd	Cr	Pb
Jun. 85	48.61	3.75	1.25	5.61	3.12
Jul. 85	50.80	6.61	1.72	5.98	12.52
Ago. 85	59.75	5.88	1.63	5.71	6.21
Sep. 85	57.44	9.17	2.46	5.99	3.52

ESTACION BELLAS ARTES

CUADRO 5.16

CONCENTRACIONES MEDIAS MENSUALES DE CONTAMINANTES
(PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES, COBRE, CADMIO, CROMO Y PLOMO)

MES AÑO	\bar{X} CONCENTRACION DE P. S. T. (Mgr./m. ³)	\bar{X} METALES PESADOS mgr./m. ³ (10 ⁻²)			
		Cu	Cd	Cr	Pb
Jun. 85	89.28	3.31	0.99	6.95	3.31
Jul. 85	48.10	4.04	1.78	7.16	4.99
Ago. 85	65.76	3.97	1.46	5.29	7.43
Sep. 85	54.56	3.87	1.93	4.15	0.00

ESTACION ESC. NICOLAS CAMPA

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1.- Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los estudios realizados en 1983 y 1985 con respecto a las PST, se puede observar que los valores medios mensuales obtenidos son más bajos que los niveles marcados en los Estados Unidos para este tipo de contaminantes ($260 \text{ } \mu\text{gr}/\text{m}^3$ - referencia (9)).

Las concentraciones evaluadas en 1983 para la Estación Bellas Artes (única estación que ha permanecido en el sitio original desde el inicio de los muestreos), y las obtenidas en 1985 son muy similares, por lo que se supone que la contaminación por partículas en el área, no se ha incrementado sustancialmente, debido probablemente al cambio urbanístico y de circulación vehicular que sufrió la ciudad en este período.

Las concentraciones de los metales pesados analizados se encuentran por debajo de los valores límites permitidos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists y por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

Comparando los resultados obtenidos de los metales pesados en la Estación Bellas Artes se puede observar que su variación es similar al comportamiento seguido por las PST, sin embargo en esta estación la concentración de plomo es más elevada que la registrada en las otras estaciones durante el mismo período, esto debido a que su ubicación se encuentra en el centro de la ciudad, en donde aún con los cambios registrados en la zona, en cuanto a circulación vehicular es el área que presenta más fuentes móviles.

Por otra parte, la diferencia de concentraciones que se presentó entre la estación I y la estación IV, se explica tomando en cuenta la dirección del viento (NW) y la topografía de la zona; por lo que

era de esperarse una concentración mayor en la estación I, ya que la contaminación urbana e industrial de Querétaro, es llevada en esa dirección por los vientos dominantes.

En general, y al no tener otros puntos de referencia en común para hacer estudios comparativos, se puede decir, acorde a la localización de las estaciones de muestreo, que las concentraciones detectadas para PST y metales pesados nos indican que la zona citadina de Querétaro presenta un aire limpio, ya que en ambos casos tales concentraciones se encuentran por debajo de las normas americanas. (18)

Finalmente se considera que este estudio cumplió con los objetivos iniciales y podrá ser empleado para conocer los niveles actuales de contaminación atmosférica en cuanto a PST y metales pesados (Pb, Cd, Cr y Cu) en la ciudad de Querétaro, y además establece las bases para un estudio a largo plazo y para evaluar estrategias de control.

6.2.- Recomendaciones.

Se considera de acuerdo a las observaciones y resultados obtenidos en este estudio, que es necesario seguir profundizando en el mismo e incrementar el número de contaminantes a analizar abarcando no únicamente partículas sino también gases (SO_x , NO_x , CO, etc.) ya que estos constituyen otra fuente importante de contaminación atmosférica, todo esto con la finalidad de obtener la mayor información posible y que en un futuro cercano permita establecer estándares de calidad locales.

Es necesario informar a la opinión pública de los resultados obtenidos y para dar un mayor grado de importancia a estos estudios ante la comunidad, es conveniente analizar la fracción respirable de partículas en suspensión (diámetro menor de 7 μ m) y realizar estudios epidemiológicos tendientes a correlacionar en lo posible índices de enfermedades respiratorias con los diferentes grados de contaminación.

Tomando en cuenta la influencia que tienen las variables meteorológicas, en relación a la concentración de partículas se impone la instalación de una estación meteorológica que proporcione la información necesaria que se requiere para interpretar los datos obtenidos, y de esta manera poder determinar si ciertas operaciones industriales que se realizan durante todo el año, deban limitarse a determinadas épocas. Por ejemplo, la fabricación de ladrillos debe disminuirse o no debe efectuarse durante los meses de invierno.

Por otra parte se considera necesario incrementar y reubicar las estaciones de muestreo pues se observó que las áreas de influencia del muestreo de las estaciones II, III y IV se invaden unas a otras reduciendo con esto las posibilidades de coleccionar los contaminantes en otros sitios de la ciudad.

Se sugiere que las autoridades correspondientes pongan en práctica programas de educación higiénica a todos los niveles, desde el pre-escolar hasta el profesional, concientizar a la industria de las consecuencias originadas por la contaminación atmosférica, y que se ejerzan las leyes en contra de la contaminación ambiental hasta sus últimas consecuencias.

Se considera también necesario de acuerdo a lo observado en este estudio, que el desarrollo urbano de la ciudad sea hacia una zona menos influenciada por los contaminantes que la zona noroeste.

REFERENCIAS

- 1º American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1974) "Documentation of the Threshold Limit Values for Substances in Workroom Air", 3ª Edición 2ª impresión. Editado por American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, U.S.A.
- 2º Cantú, L. C. (1983) "Estudio preliminar sobre la determinación de cadmio y plomo en derivados lácteos enlatados por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito" Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L., Monterrey, N. L.
- 3º Chanlett T. E. (1976) "La protección del medio ambiente" Editado por Instituto de Estudios de Administración Local, 1ª Edición, Madrid, España.
- 4º Comités Municipal y Estatal de Planeación para el Desarrollo de Querétaro (1984) "Estudio económico y social de Querétaro, Editado por la Delegación Regional de la Secretaría de Programación y Presupuesto.
- 5º Coordinación General de Documentación y Análisis del PRI (1982) "Monografía del Estado de Querétaro" Editado por Secretaría de Programación y Presupuesto, Querétaro, Qro.
- 6º De Lora F y Miro J (1978) "Técnicas de Defensa del Medio Ambiente" Tomos I y II, Editorial Labor, Primera Edición, Barcelona, España.
- 7º Dickson T. R. (1980) "Química Enfoque Ecológico Editorial Limusa, Primera Edición, México, D.F.
- 8º Fenelly F. D. (1975) "Primary and Secondary Particulates as Pollutants", Journal of the Air Pollution Control Association,

Vol. 25, 6.

- 9º Mata I. J. (1983) "Evaluación de la Calidad del Aire en Querétaro", Investigación, Revista Informativa de los centros de Investigación de la Universidad Autónoma de Querétaro", 2, 6, 27.
- 10º Medrano C. A. (1983) "Estudio Comparativo de Tres Métodos de Pre-tratamiento para la Determinación de Cadmio y Plomo por Espectrofotometría de Absorción Atómica en Muestras Líquidas" Tesis, Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L., Monterrey, N. L.
- 11º Memorias del Curso de Higiene Industrial y Contaminación Atmosférica (1973), Editado por la Facultad de Ingeniería Civil - U.A.N.L., Monterrey, N. L.
- 12º Memorias del Curso sobre Evaluación de la Calidad del Aire, Técnicas Manuales (1985), Editado por la Sub-Secretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, México, D. F.
- 13º Molina B. G. (1977), "Contaminación Ambiental por Plomo en Areas Industriales; Gaceta Médica de México 113, 5, 213.
- 14º Naegele J. A. (1973) "Air Pollution Damage to Vegetation", Advances in Chemistry Series 122, Editado por American Chemical Society, Washington, D. C.
- 15º Orozco C. G. (1975) "Causas de la Contaminación Ambiental en el Aire, Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, 3, 12, 4.
- 16º Seinfeld J. H. (1978) "Contaminación Atmosférica Fundamentos Físicos y Químicos" Editorial Mc Graw-Hill Book-Company, Inc., New York, N. Y. U.S.A.

- 17º Subdelegación de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en Querétaro (1984) "Apuntes mimeográficos" Editado por el Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la SEDUE, México, D. F.
- 18º Velazco L. A. (1983) "La Contaminación Atmosférica en la ciudad de México, Ciencia y Desarrollo 52, 59, 68.
- 19º Wark V. Warner C. F. (1976) "Air Pollution its Origin and Control, Harper-Row Publishers, New York, N. Y., U.S.A.

ABREVIATURAS

Å	-	Angstroms
Cm	-	gramos
hr	-	hora
km	-	kilómetro
l	-	litro
m	-	metro
m ³	-	metros cúbicos
mA	-	miliamperios
mg	-	miligramos
min	-	minutos
ml	-	mililitros
mm	-	milímetros
mmHg	-	milímetros de mercurio
nm	-	nanómetros
ppm	-	partes por millón
seg	-	segundos
ton	-	toneladas
°C	-	grado centígrado
Mg	-	microgramos
Mm	-	micrómetros
E	-	Este
N	-	Norte
S	-	Sur
W	-	Oeste

A N E X O S

ANEXO 1

GENERALIDADES SOBRE LOS MUESTREADORES DE ALTO VOLUMEN (12)

A.- Descripción.

El tipo de muestreador utilizado es el modelo GMWI 2000 H de la General Metal Works Inc. (Fig. 4.1) sus partes principales, como ya se mencionó son: Un portafiltro, un plato adaptador y un motor bomba.

B.- Portafiltro.

Está construido de acero inoxidable y diseñado para manejar filtros de 20.3 x 25.4 cm.

C.- Plato adaptador.

Está construido de plástico y diseñado para adaptarse al portafiltro y la unidad de calibración.

E.- Las características del motor son:

0.6 HP
13500 RPM
4.9 Amperios
440 Watts
115 Volts
60 Ciclos
Monofásico

El muestreador está equipado con interruptor de tiempo y con registrador gráfico de flujo (Fig. 4.1). Además como una medida de protección contra la lluvia y partículas sedimentables, está montado en un dispositivo protector con cubierta.

D.- Calibración del muestreador.

Los muestreadores se calibran al momento de su ubicación, después

de un mantenimiento (por ejemplo, al reemplazarse el motor o los carbones) o bien cuando los sistemas medidores de flujo (rotámetro o registrador de flujo) hayan sido reemplazados o reparados. Se recomienda que los muestreadores se calibren al completar 400 horas de operación.

El volumen de aire que pasa por un muestreador de alto volumen, se determina indirectamente midiendo el flujo en función del tiempo. El flujo indicado en el registrador se calibra usando como referencia cinco placas de orificios, obteniéndose así flujos conocidos.

D.1.- Equipo .

- a) Muestreador de alto volumen con registrador de flujo (Fig. A.1.1)
- b) Placa adaptadora.
- c) Cinco placas de orificios normalizadas, números 18, 13, 10, 7 y 5, unidad de orificio, curva de calibración de la unidad de orificio y manómetro de tubo en "U" con agua como líquido manométrico. (Fig. A.1.2 y A.1.3)
- d) Termómetro para medir temperatura ambiente.
- e) Barómetro para medir la presión atmosférica.
- f) Hoja de registro de datos (se anexa al final del capítulo).
- g) Curva de calibración correspondiente a la unidad de orificio que se esté utilizando (se anexa un ejemplo al final del capítulo).

D.2.- Procedimiento para la calibración del muestreador de alto volumen.

- a) Anotar en la hoja la presión atmosférica (P_1) y la temperatura ambiente (T_1) para la normalización de la unidad de orificio,

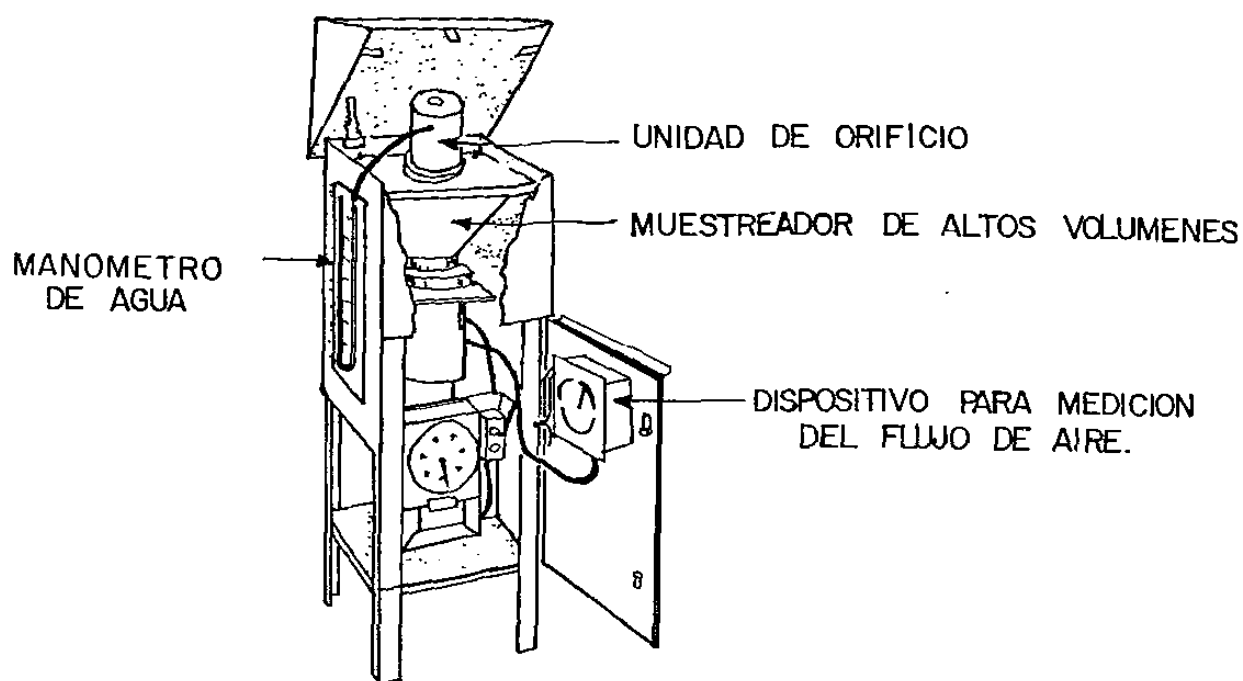
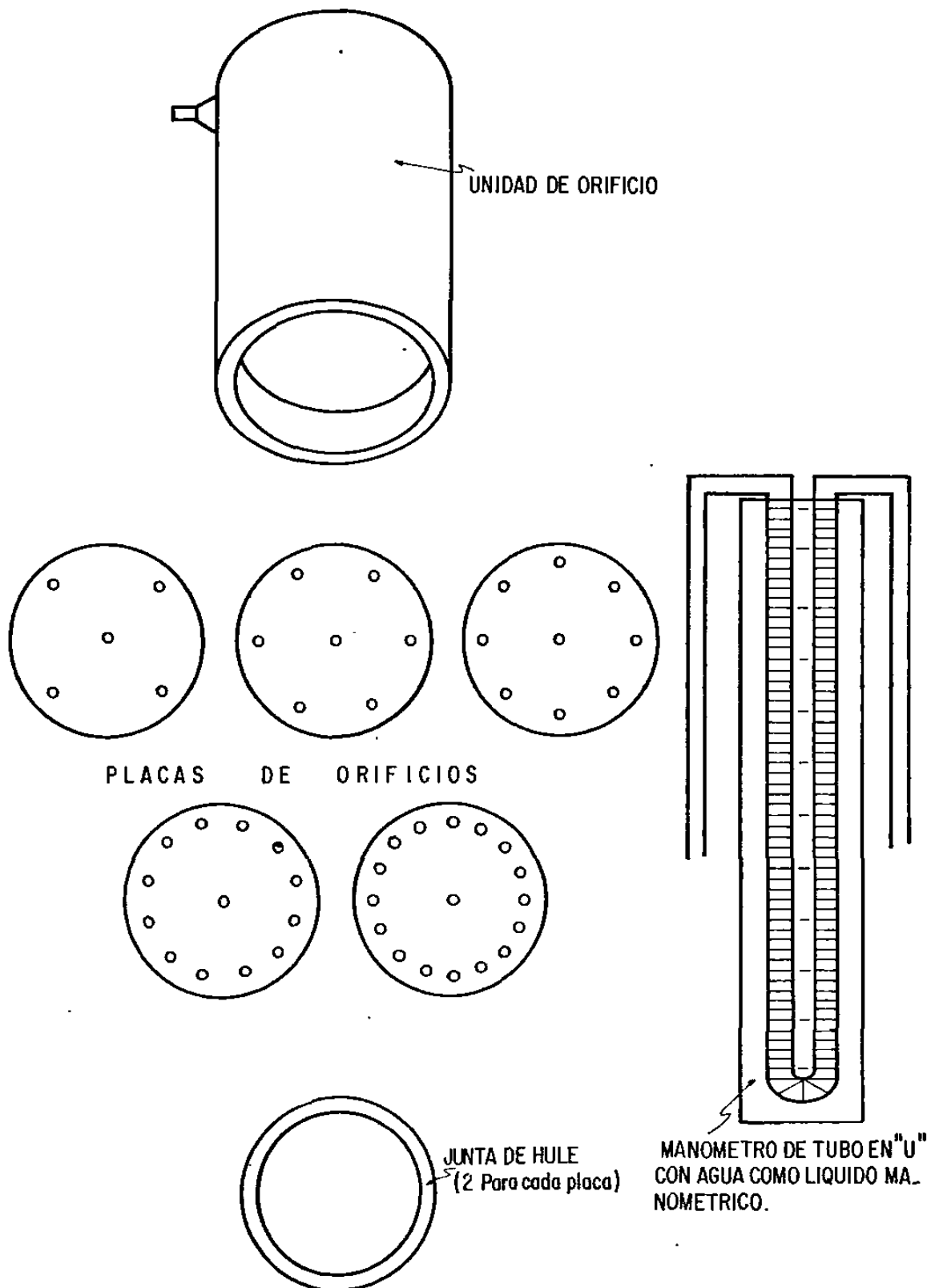


FIG. A.I.I. ARREGLO DEL DISPOSITIVO PARA LA CALIBRACION DEL FLUJO DE AIRE.

FIG. A-1.2 UNIDAD DE ORIFICIO, PLACAS DE ORIFICIOS Y MANOMETRO



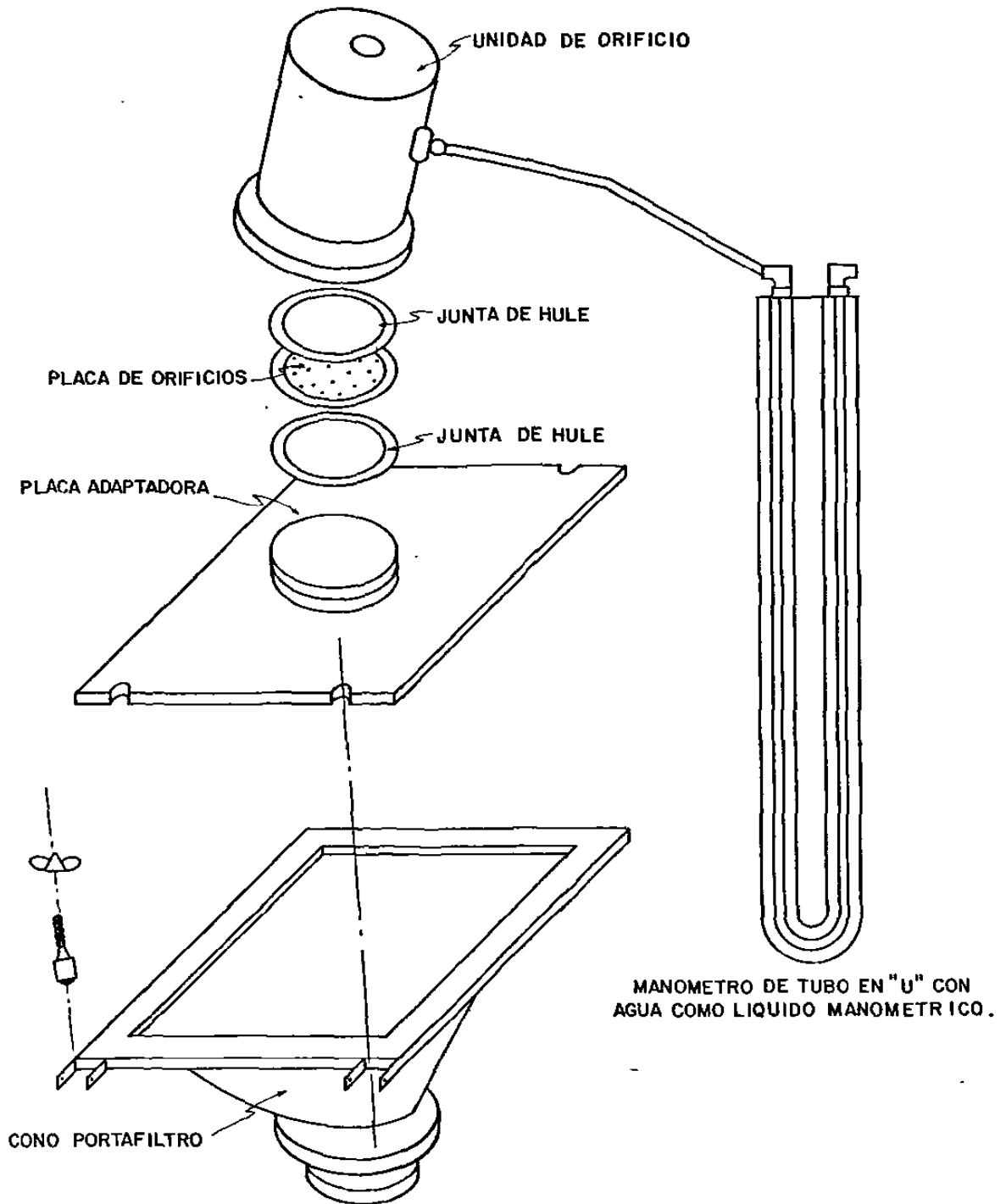


FIG. A-1.3 CONEXION DE LA UNIDAD DE ORIFICIO CON EL CONO PORTAFILTRO, POR MEDIO DE LA PLACA ADAPTADORA.

la presión atmosférica (P_2) y la temperatura ambiente (T_2) correspondientes a la hora de calibración del muestreador de alto volumen. Utilizar mm de mercurio (mmHg) para la presión atmosférica y grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$) para temperatura ambiente (si no se tiene un barómetro, solicitar al aeropuerto más cercano el dato de presión atmosférica no corregida).

- b) Coloque la placa de orificios No. 18 en la unidad de orificio y utilice la placa adaptadora para conectar la unidad de orificio al portafiltro del muestreador de alto volumen.

Si no se dispone de una placa adaptadora, conecte la unidad de orificio directamente al motor, quitando el portafiltro, apriete firmemente todas las conexiones de aire.

- c) Instale una carta limpia en el registrador de flujo del muestreador y cerciórese de que el trazador de dicho registrador esté en cero cuando el motor del muestreador está apagado. Si no está en cero, ajústelo a cero, haciendo girar con un desarmador el tornillo que está localizado sobre la esquina inferior derecha de la carátula del registrador.
- d) Ponga a funcionar el motor del muestreador durante cinco minutos, para estabilizarlo.
- e) Anote la lectura del manómetro de agua (H) de la unidad de orificio en la forma.
- f) Anote la lectura del flujo del registrador de carta del muestreador de alto volumen en la forma.
- g) Repita los pasos del b al f para las placas de orificios número

13, 10, 7 y 5.

D.3.- Procedimiento para la preparación de la curva de calibración del muestreador de alto volumen.

- a) Ejecute los pasos del a) al g) de la sección D.2.
- b) Anote en la forma correspondiente, los flujos del muestreador (Q_1), los cuales se toman de la curva de calibración de la unidad de orificio que se está utilizando, para cada valor de H .
- c) Corrija cada valor de Q_1 como sigue:

$$Q_2 = Q_1 \left[\frac{(T_2 + 273) \times P_1}{(T_1 + 273) \times P_2} \right]^{1/2}$$

Donde:

Q_2 = Flujo real o efectivo durante la calibración del muestreador de alto volumen (pies³/min) (corrección por presión y temperatura).

Q_1 = Flujo indicado por los valores de H en la curva de calibración de la unidad de orificio (pies³/min).

T_1 = Temperatura ambiente durante la calibración de la unidad de orificio (°C). Valores tomados de la curva de calibración de la unidad de orificio.

T_2 = Temperatura ambiente durante la calibración del muestreador de alto volumen (°C).

P_1 = Presión atmosférica durante la calibración de la unidad

de orificio (mm Hg). Valor tomado de la curva de calibración de la unidad de orificio.

P_2 = Presión atmosférica durante la calibración del muestreador de alto volumen (mm Hg).

Anote cada flujo corregido (Q_1) en la forma.

- d) En la hoja, grafique el flujo corregido del muestreador de alto volumen (Q_1), contra el flujo de dicho muestreador indicado en la carta de su registro (Q_c). Trace lo mejor posible una línea recta a través de los puntos.

DATOS DE CALIBRACION: Muestreador de Alto Volumen.

ESTACION: _____ $T_1 =$ _____ °C $P_1 =$ _____ mmHg
 FECHA: _____ $T_2 =$ _____ °C $P_2 =$ _____ mmHg

PLATO	H_1	H_2	H	Q_c	Q_1	Q_2

H_1 y H_2 = Diferencia de niveles en el manómetro al calibrar en campo, pulg de agua.

H = Caída de presión medida en el manómetro, pulg de agua.

Q_c = Flujo de aire medido en campo (graficador) el día de la calibración, pie^3/min .

Q_1 = Flujo de aire a condiciones de calibración (placas de orificio) en el laboratorio, pie^3/min .

Q_2 = Flujo de aire corregido por presión y temperatura, pie^3/min .

$$Q_2 = Q_1 \left[(t_2 + 273) \times p_1 / T_1 + 273 \right) \times P_2 \right]^{1/2}$$

P_2 ; T_2 : Condiciones de campo a las que se efectuó la calibración, mmHg y °C, respectivamente.

P_1 ; T_1 : Condiciones de laboratorio, mmHg y °C, respectivamente.

EDUCACION LINEAL DE CALIBRACION

$$Q_R = b + mQ_g$$

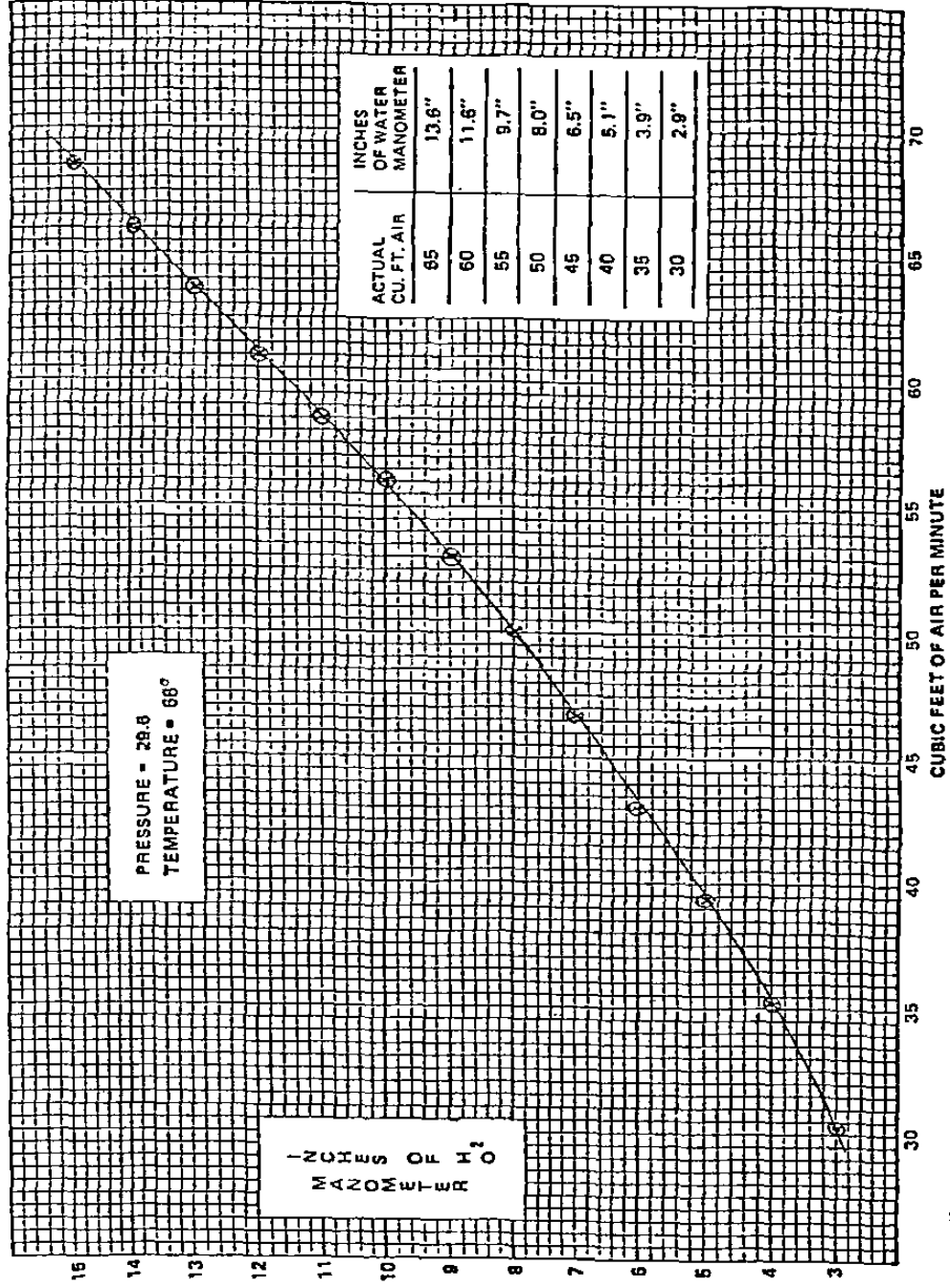
Q_R = Flujo real, pie^3/min .

Q_g = Flujo obtenido de gráfica (día de muestreo), pie^3/min .

CALIBRO: _____ SUPERVISOR: _____

CURVA DE CALIBRACION DE LA UNIDAD DE ORIFICIO

AVERAGE CALIBRATION CURVE FOR GMM-25A CALIBRATION ORIFICE



HOJA PARA REGISTRO DE DATOS Y TRAZO DE LA CURVA DE CALIBRACION.

CALIBRATION DATA SHEET HIGH VOLUME AIR SAMPLER CALIBRATION

Unit No.: _____

Date: _____

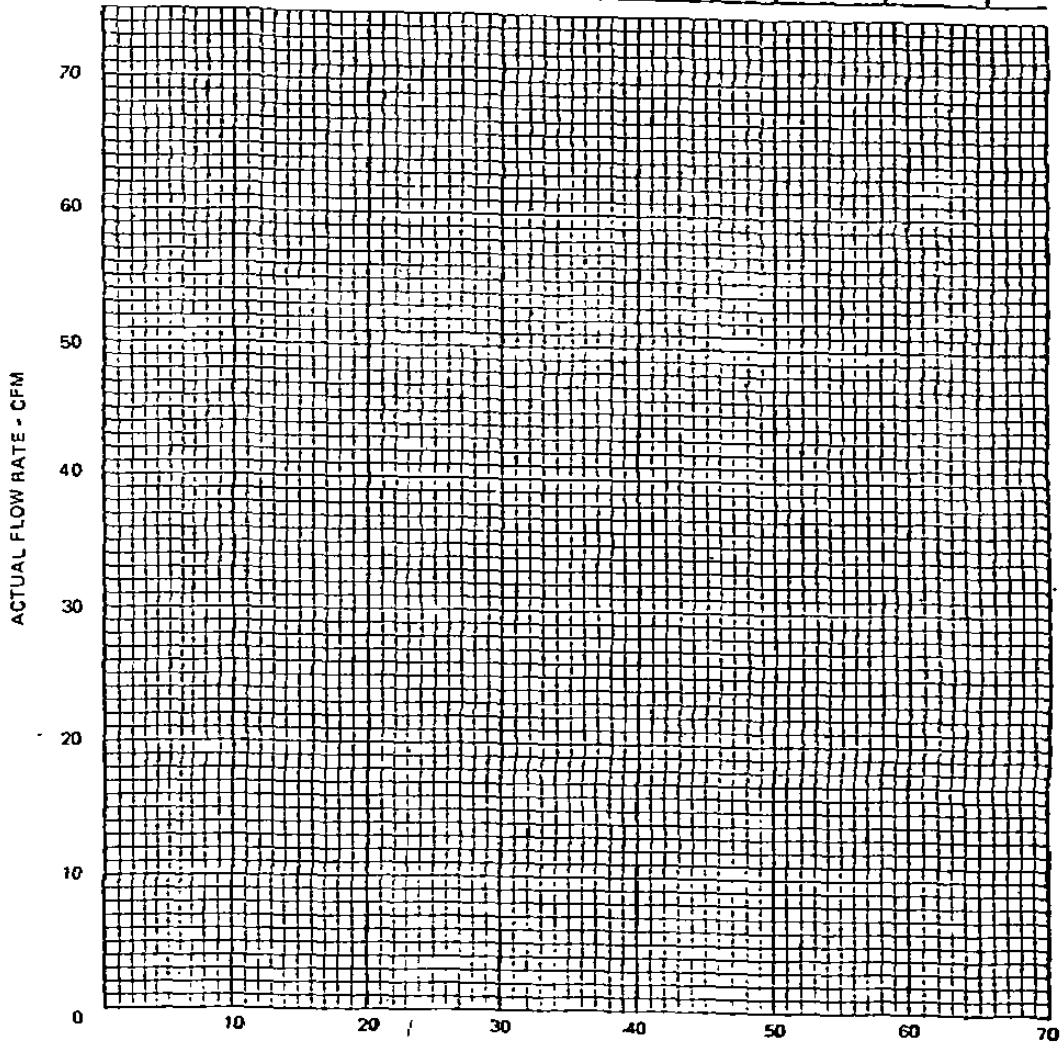
By: _____

Temp.: _____

At. Press: _____

Remarks: _____

Plate	Indicated	True H ₂ O	Actual cfm
18			
13			
10			
7			
5			



ANEXO 2

GENERALIDADES SOBRE EL EQUIPO DE ABSORCIÓN ATÓMICA EMPLEADO.

El tipo de equipo usado es el Modelo FMD-4 de la Marca ZEISS. Este espectrofotómetro es un instrumento de un solo rayo de luz para medir absorción atómica y emisiones de flama y tiene un microprocesador integrado que proporciona lo necesario para análisis rápidos, simples y exactos.

Para instalarlo es necesaria una mesa de 140 cm x 70 cm. El instrumento pesa 70 kg aproximadamente. Sobre la flama debe instalarse una campana extractora con una capacidad de succión aproximada de $1 \text{ m}^3/\text{min}$. La corriente que utiliza es 220 V.

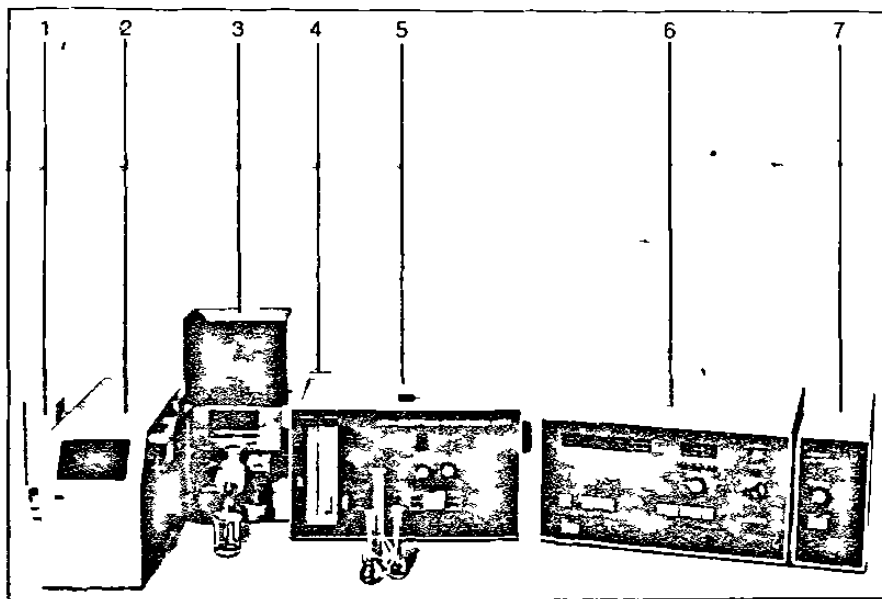


Figura A.2.1.- Partes que integran al Espectrofotómetro de Absorción Atómica FMD-4.

- 1) Cubierta del detector.
- 2) Monocromador.
- 3) Quemador.
- 4) Cubierta de la lámpara de Deuterio.
- 5) Alojamiento de las lámparas.
- 6) Unidad indicadora.
- 7) Suministro de energía para el corrector de Deuterio.

Para cada elemento que va a ser analizado el aparato requiere un ajuste o calibración especial; por lo cual, antes de cada análisis, es necesario consultar el libro de Métodos del FMD-4. Por otra parte, antes de cada análisis, los siguientes pasos tienen que ser desarrollados:

Preparación

- . Encender el FMD-4.
- . Liberar todas las teclas para de esta manera llevar al FMD-4 a la posición de ajuste.
- . Colocar en el monocromador la longitud de onda señalada.
- . Escoger el filtro requerido.
- . Colocar la anchura del Slit en el monocromador.
- . Seleccionar el quemador e insértelo.
- . Ajustar la altura del quemador.
- . Revisar las conexiones de gas.
- . Insertar la lámpara de cátodo hueco dentro del porta-lámparas

o girar éste a la posición necesaria.

- . Colocar la corriente de la lámpara.

Encendido de la Flama.

- . Encender el extractor.
- . Colocar el selector de oxidante en "Luft" (aire).
- . Arrancar el suministro de aire y gas.
- . Colocar el volumen del gas oxidante cerca de la 15ª división de la escala.
- . Colocar el volumen del gas combustible al valor dado en el Libro de Métodos del FMD-4.
- . Encender la flama, presionando la llave del encendedor.

Apagado de la Flama.

- . Cerrar el suministro de gas combustible.
- . Cuando la flama desaparezca, cerrar el suministro de aire.
- . Apague el FMD-4.

MEDICION DE LA CONCENTRACION CON DOS ESTANDARES.

(Curva corregida)

- . Colocar el aparato como se indica en el libro de Métodos y encender la flama.
- . Presionar las teclas Atomabs, Kons y Kurve.

- . Seleccionar el tiempo de integración.
- . Revisar la energía; si el indicador no está en el campo verde reajustar el alto voltaje.
- . Ajuste a cero: Atomizar el blanco y presionar la tecla Leerwert.
- . Calibración I: Introducir la concentración del estándar I (Concentración baja) con el multiconector y oprimir el punto decimal requerido.
- . Atomizar el estándar I y oprimir la tecla Bezugswert I.
- . Calibración II: Introducir la concentración del estándar II (Concentración alta) con el multiconector (la posición del punto decimal es la misma que para el estándar I).

Atomizar el estándar II y oprimir la tecla Bezugswert II.

- . Medición: Atomizar la muestra y oprimir la tecla probe (La concentración de la muestra deberá estar entre el estándar I y el estándar II).

Nota: Revisar la absorbancia si es posible, conectando la absorbancia entre las mediciones de concentración. Los estándares almacenados no son afectados por esto. Si el "Faktor--Uberlauf" (factor de sobrerango) se enciende y se apaga, introducir el estándar con un punto decimal menos. Si el "Anzeige Uberlauf" (Manifestación de sobrerango) se enciende y se apaga, medir la muestra otra vez con una mayor dilución.

CONDICIONES GENERALES DE ANALISIS PARA LOS METALES ANALIZADOS

	PLOMO		CADMIO		CROMO		COBRE	
Longitud de onda (nm)	566.6	283.3	457.6	228.8	357.9	357.9	324.8	324.8
Filtro	0		I		0		0	
Rendija (slit) (mm)	0.3	0.8	0.4	1.0	0.04	0.2	0.2	1.0
Quemador	Universal		Universal		Universal		Universal	
Altura del Quemador	7-9		8-9		7-8		6-8	
Gas de apoyo	15.5	aire	15.5	aire	16.5	aire	15.5	aire
Gas combustible	9-10	acetileno	9-10	acetileno	13-14	acetileno	9-10	acetileno
Corriente de lámpara (mA)	10	alta	10	normal	20	normal	15	baja
Límite de detección (mg/lit) en solución acuosa	0.03 a 283.3 nm		0.002		0.009		0.003	

