

Universidad Nacional de Ingeniería
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA SANITARIA



Contaminación Atmosférica de la Ciudad
de Lima por Vehículos Automotores

TESIS DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO SANITARIO

Carlos Agustin Bustamante Zamalloa

PROMOCION 1971

LIMA PERU
1973

P R O G R A M A

1. INTRODUCCION

2. EL PROBLEMA

2.1. Antecedentes

2.2. Necesidad del Estudio

3. PLANEAMIENTO Y EJECUCION

3.1. Inventario de Fuentes

3.1.1. Estadísticas

3.1.2. Clasificación

3.1.3. Ordenamiento

3.1.4. Volumen de Efluentes

3.2. Muestreo en la Fuente

3.2.1. Grupo Representativo

3.2.2. Toma de Muestras

3.3. Muestreo en la Atmósfera de la Ciudad de Lima.

3.3.1. Estaciones de Muestreo

3.3.2. Contaminantes Atmosféricos

3.3.3. Métodos y Técnicas

3.3.4. Análisis Químico

3.3.5. Patrones de Comparación

3.4. Aspecto Meteorológico

4. RESULTADOS

4.1. Concentración de efluentes de los Automotores - Discusión.

4.2. Concentración y fluctuaciones de los principales contaminantes Atmosféricos - Discusión.

4.2.1. Dióxido de Azufre

4.2.2. Monóxido de Carbono

4.2.3. Material particulado en suspensión

4.2.4. Plomo

4.3. Condiciones Meteorológicas en el período estudiado.

4.3.1. Temperatura

4.3.2. Velocidad y Dirección del viento

4.3.3. Observaciones complementarias

4.3.4. Correlaciones

5. POSIBLES EFECTOS

5.1. En la Salud

5.2. En la Vegetación

5.3. En la Propiedad

6. MEDIDAS DE CONTROL APLICADAS

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

9. ANEXOS

10. BIBLIOGRAFIA

-2 planos, fotografías y gráficos.

P R O L O G O

Se ha definido la Ciencias de la Ingeniería Sanitaria (1), como una "rama especializada de la Ingeniería que controla y ajusta el medio ambiente, a las necesidades del hombre en su desarrollo físico, en su salud y en su supervivencia".

Basado en el principio de esta definición, he creído conveniente desarrollar mi Tesis de Grado en un aspecto de esa disciplina referido a la Contaminación del Aire escogiendo el tema denominado: "Contaminación Atmosférica de la Ciudad de Lima por Vehículos Automotores", trabajo que complementa mi Tesis de Bachiller titulada : "Características de la Contaminación Atmosférica de la Gran Lima", problema de inusitado interés y preocupación en nuestro ambiente capitalino.

He podido observar que en nuestras Universidades, aún no se preparan especialistas para la prevención y control de la contaminación ambiental como profesión convencional, y los que la practican provienen de diferentes campos profesionales.

A mi parecer, los INGENIEROS SANITARIOS debemos aceptar el reto que nos plantea la tecnología moderna, y llegar a ser elementos de gran valía en la lucha contra la contaminación ambiental.

1.- INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre hizo su aparición sobre la faz de la tierra, hace aproximadamente un millón de años, siempre ha predominado en él su afán de superación, factor decisivo que lo ha llevado a avances tecnológicos insospechados, los cuales también han dado lugar a desequilibrios ecológicos en el ambiente donde se desarrollan.

A través de la historia se sabe que el hombre al dejar de ser errante, se sitúa en determinados lugares agrupándose en clases, tribus, comunidades y pueblos necesitando de satisfacer sus necesidades primarias.

En su comunicación con los pueblos vecinos, se vale de sus propios medios, pero cada vez ansía conocer más; entonces, el camino a recorrer tornábase más distante, valiéndose en primer lugar de las bestias de carga como elementos indispensables en su locomoción. Posteriormente con la invención de la RUEDA, el hombre encuentra un nuevo medio de locomoción y de otra parte se logra un impulso en la naciente tecnología; tan es así, que se afirma que "con la invención de la RUEDA comenzó recién la vida del hombre. Con la invención de la máquina a vapor (2) a fines del siglo XVIII, comenzó-

una nueva era del transporte, que da lugar a la introducción de los ferrocarriles a mediados del siglo XIX, lo cual ofrecía una mayor rapidez y comodidad.

El nacimiento de nuestro siglo trae consigo el advenimiento de un nuevo medio de transporte: "Los Vehículos Automotores", que fueron ideados a fines del Siglo XIX y desde su aparición han tenido una gran aceptación en todo el orbe. Pero el automóvil a la par que trajo comodidad para el hombre y rapidez en el transporte, ha ido creando un problema de contaminación ambiental, como consecuencia de la eliminación de los productos de combustión tanto en los motores de gasolina como en los diesel.

En el mundo, el automóvil es sindicado como el primer culpable de la contaminación del aire ^{en} y/países altamente industrializados como E.E.U.U., el automóvil constituye una fuente de contaminación que originan un 60% de los principales contaminantes atmosféricos que pululan en el aire (3), y sería peligroso ignorar las funestas consecuencias que acarrearían, si no se toman las previsiones y dispositivos de control necesarios para este medio de locomoción.

Debido a este grave problema de contaminación aérea que hoy enfrentamos, la tecnología moderna está creando nuevas formas de transporte, así tenemos el uso generalizado en las grandes metrópolis de

los famosos "METROS" o "SUBWAY", medios de transporte rápido masivo de pasajeros que utilizan ferrocarriles eléctricos.

Con sentido futurista países como Japón, E.E.U.U., Canadá, Francia y otros países Europeos, disponen o están en proceso de diseño y construcción nuevos tipos de movilización urbana (4) destacando los aerodeslizadores, (vehículos que se desplazan sobre un colchón de aire), ferrocarriles metropolitanos sobre neumáticos, banquetas móviles (o correas transportadoras como las del Aeropuerto Internacional de Dallas), monocarriles, cablecarriles o funiculares propios para terrenos accidentados y montañosos, vehículos eléctricos; etc., no obstante, antes que se consigan perfeccionar estos sistemas de transporte, la cantidad de vehículos automotores en el tráfico metropolitano aumentarán todavía más. Cabencitar las palabras del Ingeniero HANS FORSTER (5), quien al abordar este tema señala: "Unicamente con la violencia sería capaz de arrancarse de las manos del hombre, el automóvil. Al igual que el teléfono, radio y la televisión han incrementado el alcance de nuestros sentidos, del mismo modo ha ampliado el automóvil el radio de acción del hombre, el cual puede determinar a cualquier hora tanto el camino como la dirección a seguir. El auto garantiza de este modo -

la individualidad y ofrece durante el viaje protección, sirviendo en cierto modo de casa. Puesto que - hasta la fecha no existe otro medio de locomoción capaz de ofrecer ni siquiera, aproximadamente lo mismo, no es de admirar el que todos los sistemas para sustituir el auto hayan fracasado".

Por estas razones expuestas se estima - que los vehículos automotores serán los medios de locomoción preferidos por lo menos hasta el próximo siglo, para lo cual la Ingeniería deberá seguir perfeccionando este medio de transporte y se abucará a la eliminación de los síntomas negativos, que lo condenan actualmente.

2.- EL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES

Han definido la contaminación atmosférica como (6) "La presencia en el aire de sustancias puestas allí por la actividad del hombre, en concentraciones tales, que puedan interferir directa o indirectamente en la salud y bienestar del hombre, animales y plantas".

Basado en esta definición podemos colegir que la contaminación atmosférica por vehículos automotores, ya reviste capital importancia debido a que esas fuentes son consideradas como principales causantes del deterioro de la calidad del aire de las ciudades.

Mirando retrospectivamente observamos, que con la llegada del siglo XX, el petróleo comenzó a jugar un rol indispensable como nueva fuente de energía, sobre todo en la obtención de la gasolina para su uso en las máquinas de combustión interna, donde los automotores son sus consumidores más representativos.

Fue en la década del 50, (7) cuando se observó un nuevo tipo de contaminación aérea diferente a la que ocurría en la ciudad de Londres, -

lugar en el cual se producía la contaminación de sus aires por una niebla oscura que todavía se le recuerda como "niebla negra", cuyos componentes principales eran el dióxido de azufre y el hollín. El fenómeno se presentaba en la ciudad de Los Angeles, que destacaba de las demás ciudades de EE.UU., como un centro urbano altamente poblado e industrializado". Los habitantes de esta ciudad comenzaron a experimentar cada vez con más frecuencia, irritación a los ojos, la nariz y un recrudecimiento de enfermedades de tipo respiratorio y asmático, a la par que su atmósfera se mostraba cubierta por una niebla parduzca a la cual se le denominó "SMOG" (*) es entonces que comenzaron los programas intensivos, que controlaron sucesivamente, las emisiones de azufre, compuestos orgánicos y vapores de la refinerías de petróleo que existían en Los Angeles, pero el "smog" persistía. Entonces las miradas convergieron a los vehículos automotores, sindicándolos como sospechosos de esta forma de contaminación aérea. Se constató que habían unos 2 1/2 millones de vehículos circulantes que consumían por día alrededor de 5 millones de galones de gasolina, vertiendo miles de toneladas de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y otros compuestos, en -

(*) Contracción de "Smoke" (humo) y "fog" (niebla)

una ciudad donde las condiciones topográficas y meteorológicas hacían propicia la contaminación atmosférica.

Fué posteriormente que la teoría de Haagen Smit logró explicar el fenómeno ocurrido, al cual se le llamó contaminación secundaria o fotoquímica, más conocida como "SMOG" (8) resultado de la acción de la radiación solar sobre contaminantes primarios, como los óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y dióxido de azufre, que dan origen al ozono el cual reacciona posteriormente con los hidrocarburos olefinicos presentes en la atmósfera de la ciudad, para formar productos oxidados que son determinantes de las cualidades tóxicas de esta contaminación fotoquímica.

Actualmente el "smog" se ha generalizado en las grandes metrópolis del orbe, de tránsito intenso como las ciudades de Londres, Tokyo, Nueva York, y otras, cuyas condiciones topográficas y meteorológicas son adversas.

En la ciudad de Lima esta turba de contaminación aún no se ha manifestado con carácter de alarma, y es debido a que el número de unidades motorizadas que circulan por la ciudad, es relativamente bajo, estando cercanas a las 300,000 (9) unidades al año 1972.

No obstante en las zonas céntricas de la Gran Lima, la congestión vehicular es notoria, y de origen a concentraciones variables de los principales contaminantes que provienen del uso de los combustibles como ha sido establecido desde los años 1962-63, en los estudios efectuados por el Instituto de Salud Ocupacional.

La mayor cantidad de unidades motorizadas a gasolina que circula por la ciudad limeña, contaminan el aire principalmente por monóxido de carbono, habiéndose registrado en 1962-63, (10) en algunas zonas céntricas, concentraciones promedio de 40.8 ppm. en períodos horarios comprendidos entre las 8 hs - 20 hs. Nuevas evaluaciones de la contaminación por este gas efectuadas en 1970, (11) mostraron para esas mismas zonas, una concentración promedio de 36.7 ppm; valores que superan los standards de calidad de aire establecidos.

Esta disminución aparente en el sector céntrico comercial de Lima, se puede explicar por los programas de mejoramiento de las vías de circulación, así como la apertura de nuevos " polos " o sectores comerciales en los diferentes distritos de la ciudad, mas el problema, toda vez que las unidades

motorizadas se han duplicado en el lapso de los 10 años pasados, tiende a extenderse a otros núcleos urbanos y progresivamente elevará los niveles de contaminación aérea en toda la ciudad.

Aparte del monóxido de carbono, el incremento en estos últimos 10 años de los vehículos automotores a petróleo, muchas de cuyas unidades circulan en condiciones de mantenimiento deficientes, originan un ensuciamiento de la ciudad por los aerosoles que, junto con los gases son emitidos por los tubos de escape de estos vehículos, contribuyendo a hacer notorio de este modo, el problema de la contaminación atmosférica de nuestra ciudad.

2.2. NECESIDAD DEL ESTUDIO

PERU, país de grandes recursos naturales tiene a Lima como su ciudad capital, la cual por el sistema centralista de su estructura política y socio económica, se ha convertido en la gran urbe de hoy. Con una población de alrededor de 3 millones de habitantes, un número de vehículos automotores estimados en 295,000 (9) unidades, 63% de los vehículos circulantes en toda la República, y, con una actividad industrial que abarca casi el 70% de los establecimientos industriales del territorio patrio, la

ciudad de Lima el año 1972, nos muestra en estas cifras, los índices del progreso alcanzado.

El incremento constante de los vehículos motorizados aunado a nuestra especial topografía y meteorología, son fuente propicia para la contaminación atmosférica, siendo el sector céntrico-comercial de Lima, el que actualmente soporta las descargas de los humos y gases provenientes de los medios de transporte.

En razón a lo expuesto, he creído conveniente desarrollar este trabajo como un aporte significativo en el mejoramiento de nuestro ambiente, para lo cual me propongo alcanzar los objetivos siguientes:

1.- Realizar un inventario de los vehículos automotores en base a la información actual disponible.

2.- Muestreos en las fuentes de emisión que permitan apreciar las concentraciones de los efluentes provenientes de los vehículos automotores.

3.- Determinar la concentración de los principales contaminantes presentes en la atmósfera de la ciudad de Lima, entre ellos:

- Dióxido de azufre
- Monóxido de carbono
- Material particulado en suspensión
- Plomo

4.-Estudiar la variación del grado de contaminación por el efecto de las condiciones meteorológicas predominantes en el período de estudio.

5.- Correlacionar los posibles efectos en la salud, vegetación y propiedad en general.

6.- Formular las recomendaciones pertinentes para el mejoramiento de la calidad del aire de nuestra ciudad.

3.- PLANEAMIENTO Y EJECUCION

3.1. INVENTARIO DE FUENTES

La magnitud de un problema de contaminación atmosférica urbana, se comprende mejor cuando se conocen la naturaleza y cantidad de las emisiones, lo cual es posible sólo con un inventario.

Este inventario sirve como referencia para determinar la influencia de la fuente o fuentes de contaminantes a la atmósfera, y es de gran utilidad en los programas de prevención y control de la calidad del aire.

Tratándose de la industria automotriz, sindicada en la actualidad como una de las principales fuentes de contaminación del aire, un inventario de ellas es un aporte significativo al mejor conocimiento de la magnitud del problema

3.1.1. ESTADISTICAS

Empleando los datos obtenidos en la Dirección de Circulación y Seguridad Vial, (9) se puede apreciar estadísticamente el aumento de los vehículos automotores circulantes en la República desde 1962 a 1972; que involucran en forma global automóviles,

omnibuses, microbuses, camiones, camionetas, motos y motocicletas. Las cifras tabuladas se presentan en la tabla No. 3-1.

TABLA No. 3-1

NUMERO DE VEHICULOS AUTOMOTORES CIRCULANTES EN EL PERU

1962 1972

AÑO	NUMERO DE VEHICULOS	INCREMENTO ANUAL (%)	INCREMENTO ACUMULATIVO (%)
1962	185,225	0.0	0.0
1963	211,559	14.4	14.4
1964	241,420	16.1	30.5
1965	279,132	20.4	50.9
1966	315,629	19.7	70.6
1967	328,172	7.2	77.8
1968	341,541	7.0	84.8
1969	354,237	6.5	91.3
1970	389,091	18.6	109.9
1971	421,723	18.1	128.0
1972	463,880	28.2	156.2
PROMEDIO :		15.7	

En la tabla No. 3-1, se puede observar que en 1962 se registraron 185,225 vehículos automotores circulantes en toda la República, llegando en el año 1972 a 463,880 unidades que representa a lo largo de estos años un incremento anual promedio de 15.7%, y un incremento acumulativo de 156.2%; destacando el hecho de que en los años 1967 a 1969 el incremento anual fué menor a los años anteriores, alrededor del 7%, coincidiendo con la devaluación monetaria en nuestra economía. A partir de 1970 nuevamente el incremento anual es normal, alcanzando un 18.6%, para elevarse hasta un 28.2% en el año 1972, debido a la implantación hasta 1975, de 5 plantas Ensambladuras de vehículos automotores y a una mejor economía, que ha permitido una mayor inversión en la adquisición de estos medios de transporte.

3.1.2. CLASIFICACION

La Gran Lima, es la única ciudad del país que tiene problemas de contaminación atmosférica ocasionada por la emisión de contaminantes de los vehículos automotores: un inventario de estas fuentes nos permite conocer el número y tipo de vehículos automotor necesario para estimar la cantidad de efluentes que provienen de esas unidades.

De acuerdo a datos obtenidos en la Dirección de Circulación y Seguridad Vial, una clasificación del tipo de vehículo circulante en el parque automotor limeño desde el año 1962 hasta 1972 que comprende automóviles (particulares, taxis y colectivos), camionetas, omnibuses, microbuses, camiones, motos y motonetas, se puede apreciar en la tabla No. 3-2.

TABLA No. 3-2

VEHICULOS AUTOMOTORES CIRCULANTES EN LA GRAN LIMA

1962 1972

AÑO	AUTOMOVILES Y CAMIONETAS	CAMIONES	OMNIBUSES Y MICROBUSES	MOTOS Y MOTOCICLETAS	TOTAL	% DEL TOTAL DEL PERU
1962	75,251	27,141	3,330	10,001	115,273	63.0
1963	83,805	28,230	3,482	13,208	128,725	61.0
1964	94,262	32,124	3,921	16,324	146,631	60.6
1965	114,051	38,235	4,542	19,043	175,872	64.0
1966	136,850	46,493	5,232	23,646	212,221	67.5
1967	138,867	48,194	5,750	26,147	218,958	67.0
1968	139,830	49,620	5,930	29,044	224,424	66.6
1969	163,261	17,940	6,373	40,937	228,411	64.5
1970	170,735	19,882	6,525	43,338	240,420	62.0
1971	189,772	24,911	6,953	46,800	268,436	64.0
1972	208,152	30,000	7,180	49,668	295,000	63.0

En la Tabla No. 3-2, observamos que en 1962 circularon en la Gran Lima 115,273 vehículos automotores, que a través de los años se han incrementado notablemente, alcanzando-

en 1972 la cifra de 295,000 unidades, que representan el 63% del total de vehículos circulantes en el País.

Para darnos una idea más cabal de que nuestro problema reviste importancia capital, se hace una comparación de la relación "Vehículo automotor ÷ habitante" para el año 1972, en las principales ciudades Latinoamericanas, lo cual se presenta en la Tabla No. 3-3. (22)

TABLA No. 3-3

RELACION, VEHICULOS AUTOMOTORES ÷ HABITANTES EN LAS
PRINCIPALES CIUDADES LATINOAMERICANAS PARA EL AÑO

1 9 7 2

CIUDAD	NUMERO DE VEHICULOS AUTOMOTORES	NUMERO DE HABITANTES	RELACION VEHIC-AUTOM ÷ HABIT.
LIMA	295,000	3'000,000	1 ÷ 10
BUENOS AIRES	900,000	8'500,000	1 ÷ 9
SAO PABLO	580,000	7'800,000	1 ÷ 14
RIO DE JANEIRO	500,000	7'200,000	1 ÷ 14
STGO.DE CHILE	200,000	2'700,000	1 ÷ 14
CARACAS	240,000	2'300,000	1 ÷ 10
C.de MEXICO	700,000	8'200,000	1 ÷ 12

Como se puede apreciar en la tabla No. 3-3 en la ciudad de Lima, la relación "vehículo automotor ÷ habitante" es de -

1:10, mostrando juntamente con la ciudad de Buenos Aires y Caracas, cuyas relaciones son 1:9, y 1:10, respectivamente, que son las 3 ciudades con mayor densidad automotriz circulante en Latinoamérica.

3.1.3 ORDENAMIENTO

A fin de obtener un grupo representativo de los vehículos circulantes en la Capital, que permitan efectuar las evaluaciones correspondientes es necesario llegar a un ordenamiento de los vehículos automotores en función a una característica de ellos, para el caso es de importancia el tipo de combustible, esto es, equipos con motores de explosión que emplean gasolina los cuales se estiman en la actualidad (9), en un 90% y vehículos que utilizan petróleo diesel, el 10% restante. En la figura 3-1, se muestra a través de una representación en barras, el número de unidades con motores de explosión y diesel de los años 1962 a 1972. Esta clasificación nos permite efectuar los cálculos correspondientes para obtener el volumen total de contaminantes emitidos a la atmósfera desde las unidades motorizadas.

Los vehículos que utilizan gasolina liberan a la atmósfera diversos contaminantes gaseosos, entre ellos (13) monóxido de carbono, hidrocarburo

ros, óxido de nitrógeno, aldehidos, ácidos orgánicos, además anhídrido carbónico y vapor de agua, propios de una combustión completa; y como contaminantes particulados: benzopirenos, partículas carbonosas, metales con el plomo, zinc, etc., cuyas concentraciones varían con el funcionamiento del motor y la relación "aire-combustible" ó compresión que en estos motores deben ser de 15 ÷ 1 para una buena combustión.

Los motores que utilizan petróleo diesel como combustibles, tienen superior rendimiento que los de gasolina debido al exceso de aire para la combustión, alcanzando hasta 20 lbs. de aire por cada libra de petróleo diesel (20 ÷ 1). Desde estos vehículos se emiten a la atmósfera: hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, aldehidos y pequeñas cantidades de monóxido de carbono; de otra parte, gases malolientes y grandes cantidades de HUMO algunos llamados "HUMOS CALIENTES" ó humos negros, compuestos de partículas carbonosas y gases que se producen por las variaciones de la relación "aire-combustible" ó por el recalentamiento del motor; otros, son los "HUMOS FRIOS", de color blanco, que son una mezcla de partículas de combustible y aire frío, formados cuando el motor trabaja de mínimo u en marcha que no exige mucha potencia.

3.1.4 VOLUMEN DE EFLUENTES

Para los cálculos de los contaminantes emitidos por los vehículos motorizados se ha tomado como base los vehículos con motores de explosión estimados en un 90% del número total de unidades motorizadas de la Gran Lima, teniendo en consideración además que esas unidades provienen mayores concentraciones de gases tóxicos tales como el monóxido de carbono. Como guía se han tomado las cifras que proporciona el "MOTOR AIR POLLUTION" (7), que considera, que cada automóvil recorre por año un promedio de 15,000 Kms. consumiendo unos 800 galones de combustible, y de otra parte los estudios efectuados por el "DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH" de CALIFORNIA, que revelan que cada 1,000 galones de gasolina consumidos liberan un promedio de:

- 1.- 1,365 Kgs. de Monóxido de carbono
- 2.- 136 Kgs. de Hidrocarburos
- 3.- 45 Kgs. de Oxidos de Nitrógeno
- 4.- 3.4 Kgs. de Compuestos de azufre
- 5.- 2.3 Kgs. de Aldehidos
- 6.- 0.9 Kgs. de Acidos orgánicos
- 7.- 0.9 Kgs. de Amoníaco
- 8.- 0.14 Kgs. de Sólidos (plomo, zinc, carbón y óxidos metálicos).

Con estos valores y las cantidades - de vehículos equipados con motores de explosión circulan en la Gran Lima tomados de la figura No 3-1, se ha calculado la cantidad de contaminantes atmosféricos descargados en nuestro ambiente en toneladas métricas por año, desde 1962 a 1972, lo cual se aprecia en la tabla No. 3-4.

TABLA No. 3-4

CONTAMINANTES ATMOSFERICOS DESCARGADOS A LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE LIMA

1962 1972

AÑO	(1) MONOXIDO DE CARBONO	(2) HIDROCAR BUROS	(3) OXIDOS DE NITRO- GENO	(4) COMPUES TOS DE AZUFRE	(5) ALDEHIDOS	(6) ACIDOS ORGA - NICOS	(7) AMONIA CO	(8) SOLIDOS (Pb.Zinc, C,OXIDOS METALICOS)
1962	109,200	10,880	3,600	262	184	72	72	11
1963	126,510	12,630	4,170	315	213	83	83	13
1964	144,110	14,390	4,750	360	243	95	95	15
1965	172,850	17,260	5,600	431	291	114	114	17
1966	208,570	20,820	6,876	520	352	138	138	21
1967	215,190	21,480	7,094	536	363	142	142	22
1968	220,660	22,025	7,275	550	372	146	146	23
1969	224,375	22,396	7,397	560	378	148	148	24
1970	236,400	23,600	7,795	590	400	156	156	25
1971	263,820	26,334	8,700	657	445	174	174	27
1972	289,600	28,900	9,550	722	488	191	191	31

Observando la tabla Nu. 3-4, se puede colegir que la principal fuente de contaminación por monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (H.C.) y óxido de nitrógeno (NO_x) en nuestro ambiente, son los vehículos equipados con motores de explosión, que usan gasolina como combustible, los cuales en 1972 eliminaron a la atmósfera capitalina, 289,000 Tons. de CO, 28,900 de H.C. y 9,550 Tons de NO_x; valores que año a año continúan incrementándose, creando un mayor problema de contaminación atmosférica con riesgo para la salud de los habitantes, la vegetación y propiedad en general.

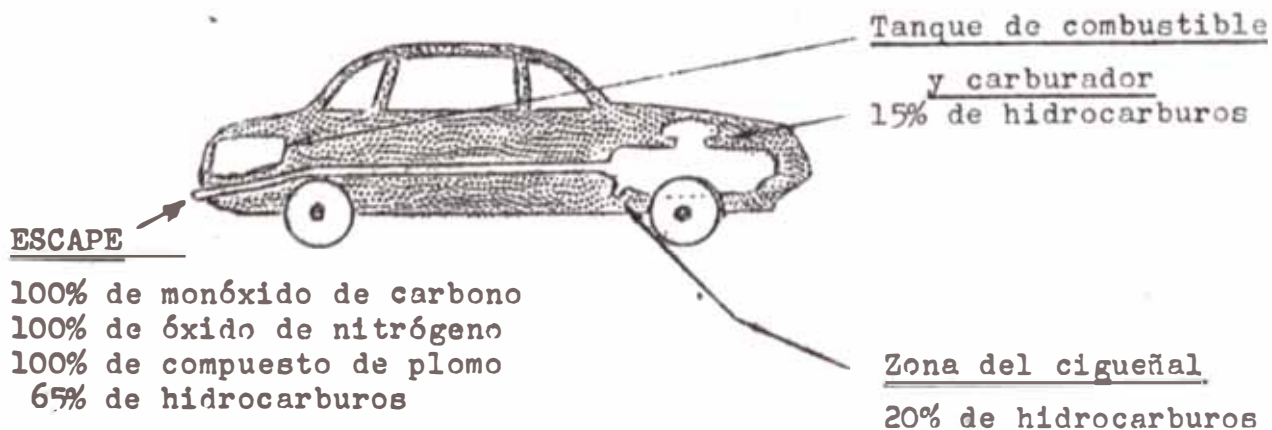
3.2 MUESTREO EN LA FUENTE

Los vehículos automotores, tanto a gasoil como gasolina, constituyen actualmente las principales fuentes móviles de contaminación atmosférica, por esta razón, tan importante es evaluar los contaminantes en la atmósfera, como también es necesario, el muestreo en la fuente para conocer la naturaleza y concentración de los contaminantes generados.

Los vehículos automotores equipados con motores de explosión, presentan tres fuentes de contaminación importantes que se sitúan en: el tanque de combustible y carburadores, ventilación de la zona del cigueñal y tubo de escape. Estas fuentes según estudios realizados en los EE.UU. (3) eliminan a la atmósfera contaminantes gaseosos y partículas en diferentes porcentajes, valores que se pueden observar en la fig. No. 3-3.

Fig. No. 3-3

PORCENTAJES DE EMISION DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN MOTORES DE EXPLOSION



De la figura No.3-3 se aprecia que los hidrocarburos emitidos por estos vehículos automotores, alcanzan porcentajes aproximados de emisión del 65% en el tubo de escape, 15% en el tanque de combustible y alrededor del 20% en la zona del cigueñal. El monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los compuestos de plomo, son emitidos casi exclusivamente con los gases de escape.

Estas cifras permiten afirmar que el tubo de escape de las unidades motorizadas constituyen la principal fuente de contaminación, presentando la mayor variedad y cantidad de contaminantes.

El volumen y concentración de contaminantes emitidos a la atmósfera, dependen principalmente de las condiciones de funcionamiento de los vehículos automotores; así las emisiones son diferentes cuando el vehículo funciona a velocidad constante, acelerado, desacelerado o en mínimo. En las tablas Nos. 3-5 y 3-6 se presentan estas fluctuaciones para automotores a gasolina y diesel en las condiciones de funcionamiento mencionadas (13)

TABLA No. 3-5

CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR EL
ESCAPE DE VEHICULOS CON MOTORES DE EXPLOSION

(En partes por millón)

Contaminantes	En mínimo	Velocidad Constante	Acelerado	Desacele rado
Monóxido de Carbono	64,000	24,000	24,000	45,000
Hidrocarburos *	11,400	620	810	5,700
Oxidos de Nitrógeno	0	1,400	1,700	0

(*) Expresado como hexano

Como se puede observar en la tabla 3-4, las concentraciones de monóxido de carbono e hidrocarburos son elevadas cuando el motor trabaja en "mínimo" y en desaceleración, mientras que las de óxidos de nitrógeno son elevadas cuando el vehículo trabaja a velocidad constante y acelerado.

TABLA No. 3-6

CONCENTRACIONES PROMEDIO DE CONTAMINANTES EMITIDOS POR EL
ESCAPE DE VEHICULOS CON MOTORES DIESEL

(Partes por millón)

Contaminantes	En mínimo	Velocidad Constante	Aceleración	Desacele rado
Monóxido de Carbono	0	0	500,	0
Hidrocarburos *	250	65	115	250
Oxidos de Nitrógeno	60	240	850	30

(*) Expresado como hexano

En la tabla No 3-6, observamos que la producción de contaminantes en estos vehículos es menor comparativamente a los de explosión, y a excepción del monóxido de carbono, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno se presentan en variadas concentraciones en etapas similares de funcionamiento.

3.2.1. GRUPO REPRESENTATIVO

a.- CRITERIO

A fin de obtener un índice de la concentración de los contaminantes emitidos por los automotores, se seleccionará un grupo representativo de estas unidades, teniendo como base de estudio los vehículos con motores de explosión, agrupados en diferentes edades o años de uso, y de otra parte considerando como fuente principal de emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de los tubos de escape de los mismos.

Siendo numerosos los modelos y marcas de vehículos automotores, para el grupo representativo se tomará en cuenta las marcas que representan el mayor porcentaje de los vehículos circulantes en nuestra capital.

b.- SELECCION

Sobre la base de un total de 295,000 unidades en la capital al año 1972, se ha realizado la selección de las marcas más representativas de vehículos automotores utilizando los datos obtenidos de la Asociación Automotriz del Perú (14) y la Dirección de Circulación Vial. Con estas fuentes de información se han preparado las tablas No 3-7, 3-8 y 3-9 en las cuales se computan los vehículos automotores por marcas y años de uso al año 1972.

TAELA No. 3-7

AUTOMOTORES CIRCULANTES POR MARCAS EN LA GRAN
LIMA AL AÑO 1972

MARCA	No.de Unidades *	% de automotores Circulantes
FORD	65,900	22.3
CHEVROLET	43,500	14.7
DODGE	26,700	9.1
VOLKSWAGEN	24,900	8.5
Sub-Total	161,000	54.6
Otras Marcas	134,000	45.4
TOTAL	295,000	100.0

(*) Cantidades aproximadas

En la tabla 3-7 observamos que las marcas más representativas son: Ford, Chevrolet, Dodge, Volkswagen, entre ellas suman 161,000 unidades - alcanzando el 54.6% del total de vehículos circulantes en nuestra ciudad, el resto se compone de 134,000 automotores distribuidos aproximadamente en 40 diferentes marcas que alcanzan el 45.4%.

TAELA No. 3-8

AUTOMOTORES CIRCULANTES POR AÑOS DE USO EN LA
GRAN LIMA AL AÑO 1972

Año de uso	No. de Unidades	% de automotores circulantes
1 - 5	73,000	24.7
6 - 10	99,000	33.6
11 - 10	123,000	41.7
	295,000	100.0

En la tabla 3-8, se puede apreciar que el mayor porcentaje de vehículos motorizados circulantes en nuestra ciudad, corresponden a las unidades de más de 10 años de uso, sumando 123,000 vehículos, el 41.7% del total, cifras que nos indican indirectamente que el número de unidades retiradas de circulación por año es bajo. En segundo lugar se encuentran

los vehículos de 6 a 10 años de uso en un total de 99,000 es decir el 33.6% de todos los vehículos circulantes.

TABLA No 3-9

AUTOMOTORES CIRCULANTES POR MARCAS Y AÑOS DE USO EN LA GRAN LIMA AL AÑO 1972

MARCA	1 -5 años	6-10 años	> 10 años
	Número de Unidades *		
FORD	7,800	23,100	35,000
CHEVROLET	5,400	13,500	24,600
DODGE	15,900	6,600	4,200
VOLKSWAGEN	8,400	12,000	4,500
SUB-TOTAL	37,500	55,200	68,300
		Sub-Total	161,000
Otras Marcas	35,500	43,800	54,700
		Sub-Total	134,000
	73,000	99,000	123,000
		<u>TOTAL:</u>	<u>295,000</u>

(*) Cantidad estimada.

De la tabla No 3-9, se puede observar que las marcas FORD y CHEVROLET entre los períodos - 6 a 10 años y mayores de 10 años de uso, se presentan en

mayor cantidad, en cambio en los vehículos automotores de 1 a 5 años predominan marcas Dodge y Volkswagen.

Esto se explica debido a la implantación desde 5 años atrás de cinco Empresas Ensambladoras de vehículos automotores, entre las que se encuentran las marcas Dodge y Volkswagen, en tanto que los Ford y Chevrolet han dejado de producir por el momento; no obstante tal como apreciamos en la table 3-7 - la cifra de estas dos marcas todavía es mayoritaria.

De acuerdo a las cifras presentadas, el desarrollo del capítulo 3.2.2., correspondiente al de Tuma de Muestra en la fuente, se realizará entre las 4 marcas de unidades motorizadas seleccionadas, por que constituyen el grupo representativo de los vehículos circulantes en nuestra capital.

3.2.2 TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras del gas, monóxido de carbono en los tubos de escape de los vehículos automotores a gasolina, la principal fuente de emisión de contaminantes atmosféricos, se ha realizado en el grupo representativo escogido; los resultados que se encuentran nos indicarán las concentraciones del monóxido de carbono en cada marca seleccionada -

en relación a los años de uso de los vehículos. Así mismo apreciaremos indirectamente el estado de funcionamiento de estas unidades motorizadas circulantes en nuestra ciudad.

MATERIAL Y EQUIPO

Para la determinación de las concentraciones de monóxido de carbono en los efluentes descargados por el tubo de escape de los vehículos estudiados, se han empleado dos técnicas; que son las siguientes:

1.- COMPROBADOR DE GASES DE ESCAPE

Este método lo emplean actualmente las 3 Plantas de Revisión Técnicas Autorizadas por la Dirección de Circulación y Seguridad Vial, las cuales utilizan los comprobadores de gases BOSCH AW 173. La medición se realiza haciendo funcionar el vehículo en mínimo, siendo el principio de operación el siguiente (15): El aparato funciona según el procedimiento de transformación calorífica quemándose las partes aún combustibles de los gases de escape en un alambre calentado de platino, que es indicada por un instrumento de lectura directa, cuyo rango de medición varía de 0-10% ó 0-100,000 ppm en volumen de monóxido de carbono, según se puede apreciar en la fotografía No.1y2

(1)



FOTOGRAFIA N° 1: COMPROBADOR DE ESCAPE PARA MONOXIDO DE CARBONO TIPO BOSCH AW 173 - PLANTA DE R. VISIONES TECNICAS

(2)



FOTOGRAFIA N° 2: MUESTREO DE MONOXIDO DE CARBONO EN LOS EFLUENTES DESCARGADOS POR EL TUBO DE ESCAPE.- METODO DEL C. 'PROBADOR DE GASES-

2.- DETERMINACION DIRECTA POR TUBOS DETECTORES COLORIMETRICOS

La muestra de los gases de escape se colectan en bolsas de plástico construídas especialmente siguiendo la técnica de muestreo de gases del "MICHIGAN DEPARTAMENT OF HEALTH" de los Estados de Norteamérica (16); luego de su colección se determinan su concentración del monóxido de carbono mediante el empleo de tubos detectores colorimétricos de monóxido de carbono de la "MINE SAFETY APPLIANCE" (MSA), a la temperatura y presión del ambiente, previa dilución, de acuerdo al rango de registro del aparato en su escala de mayor sensibilidad (10 - 3,000 ppm). En la fotografía No 3y4 se muestran los materiales del método empleado.

PROCEDIMIENTO

En el muestreo, por el método del comprobador de gases de escape Bosch, realizado en las Plantas de Revisión Técnicas Autorizadas, se ha tomado como base 600 determinaciones de monóxido de carbono. En el grupo representativo de trabajo, se han tomado las 4 marcas principales de vehículos automotores: FORD, CHEVROLET, DODGE Y VOLKSWAGEN, que suman entre ellos 161,000 unidades, cifra que alcanza el 54.6% del total de unidades circulantes en la Capital; en estas mar -

(3)



FOTOGRAFIA N° 3: EQUIPO Y MATERIALES EMPLEADOS EN LA DETERMINACION DE MONOXIDO DE CARBONO, POR EL METODO DE LOS TUBOS DETECTORES COLORIMETRICOS, SIGUIENDO LAS TECNICAS DE "MICHIGAN DEPARTMENT OF HEALTH"- E.E.U.U.

(4)



FOTOGRAFIA N° 4: MUESTREO DE MONOXIDO DE CARBONO EN LOS EFLUENTES DESCARGADOS POR EL TUBO DE ESCAPE EN AUTOMOTORES CIRCULANTES EN LA CIUDAD - METODO DE LOS DETECTORES COLORIMETRICOS -

cas se han considerado los años de uso de acuerdo a la tabla 3-9 que comprenden automotores de 1-5, 6-10 y mayores de 10 años; para efectuar el diseño de la muestra en cada universo; se ha aplicado la técnica de la estratificación al azar (17), donde las muestras se toman por estratos al azar, permitiendo una reducción en el tamaño del Universo y a la vez un mejor diseño de la muestra. Los diseños obtenidos se presentan en las tablas 3-10, 3-11 y 3-12.

TABLA No. 3-10

DISEÑO DE LA MUESTRA DE LAS UNIDADES CIRCULANTES MOTORIZADAS DE 1-5 AÑOS DE USO EN LA GRAN LIMA AL AÑO 1972

Estratos Marca	Número de Unidades	Porcentaje sobre el total en %	Diseño de la Muestra
Ford	7,800	21	42
Chevrolet	5,400	15	30
Dodge	15,900	42	84
Volkswagen	8,400	22	44
Total	37,500	100%	200

TABLA No. 3-11

DISEÑO DE LA MUESTRA DE LAS UNIDADES CIRCULANTES MOTORIZADAS

DE 6-10 AÑOS DE USO EN LA GRAN LIMA AL AÑO 1972

<u>Estratos Marca</u>	<u>Número de Unidades</u>	<u>Porcentaje sobre el total en %</u>	<u>Diseño de la Muestra</u>
Ford	23,100	42	84
Chevrolet	13,500	24	48
Dodge	6,600	12	24
Volkswagen	12,000	22	44
Total	55,200	100%	200

TABLA No. 3-12

DISEÑO DE MUESTRA DE LAS UNIDADES CIRCULANTES MOTORIZADAS

MAYORES DE 10 AÑOS DE USO EN LA GRAN LIMA AL AÑO 1972

<u>Estratos Marca</u>	<u>Número de Unidades</u>	<u>Porcentaje sobre el total en %</u>	<u>Diseño de la Muestra</u>
Ford	35,000	51	102
Chevrolet	24,600	36	72
Dodge	4,200	6	12
Volkswagen	4,500	7	14
Total	68,300	100%	200

Para el muestreo por el método de los detectores colorimétricos se han considerado solamente 2 - marcas de automotores: FORD y VOLKSWAGEN teniendo en cuenta - que la evaluación de las concentraciones del monóxido de - carbono en estas unidades, se ha realizado en forma impre - vista y sorpresiva en diferentes zonas de la ciudad de Li - ma.

Para el muestreo se ha tomado del 3 - al 5% del diseño de las muestras obtenidas en los casos - anteriores para cada marca, según se presenta en la table - No.3-13.

TABLA No. 3-13

DISEÑO DE LA MUESTRA DE UNIDADES CIRCULANTES MOTORIZADAS
EMPLEANDO DETECTORES COLORIMÉTRICOS AL AÑO 1 9 7 2

Años de uso	Marca	Diseño de la muestra
1-5 años	Ford	3
	Volkswagen	3
6-10 años	Ford	4
	Volkswagen	3
10 años	Ford	4
	Volkswagen	3
TOTAL de Determinaciones		20

3.3 MUESTREO EN LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE LIMA

Para el presente trabajo la duración de las evaluaciones, para los diferentes contaminantes considerados se llevó a cabo entre los meses de Setiembre a Noviembre de 1972; coincidiendo prácticamente con la época de primavera de nuestra Capital.

3.3.1 ESTACIONES Y LUGARES DE MUESTREO

El muestreo continuó de los contaminantes atmosféricos se realizó en 4 estaciones de muestreo fijas, pertenecientes a los programas de contaminación atmosférica del Instituto de Salud Ocupacional, Universidad Nacional de Ingeniería y Centro-Panamericano de Ingeniería Sanitaria, ubicadas en puntos estratégicos de la ciudad.

Se seleccionaron asimismo, 3 lugares de muestreo en dos zonas comerciales y una zona residencial, para efectuar muestreos de Monóxido de Carbono a nivel peatonal con una unidad móvil.

También para obtener un índice de contaminación del aire en otras zonas de la Gran Lima, se ubicarán 21 puntos de muestreo en los cuales se determinó Monóxido de Carbono.

A).- ESTACIONES PRINCIPALES (Fijas)

<u>IDENTIFICACION</u>	<u>UBICACION</u>
01	- Zona Comercial de Lima-Aero Club del Perú - Jr. Unión.
02	- Zona Residencial - Lince San Eugenio Lince.
03	- Zona Residencial - Jesús Maria Av. Salaverry
04	- Zona Sector Norte de la Ciudad Universidad Nacional de Ingeniería.

Los contaminantes evaluados en las estaciones principales, durante el tiempo que duró el estudio fueron los siguientes:

- Dióxido de Azufre
- Monóxido de Carbono
- Material Particulado en Suspensión
- Plomo

B).- ESTACIONES MOVILES

<u>IDENTIFICACION</u>	<u>UBICACION</u>
05	- Zona Comercial Céntrica de Lima Jr. Unión - Av. Abancay
06	- Zona Comercial Centrica Miraflores Av. Larco - Municipalidad - Av. Diagonal.
07	- Zona Residencial, alrededor del Parque San Eugenio -Lince

Para estas estaciones móviles, el único contaminante evaluado ha sido el Monóxido de Carbono, para determinación de muestras instantáneas comprendidas entre las 8 hs - 20 hs, dentro el período de estudio.

C).- OTROS LUGARES DE MUESTREO:

- 1).- San Isidro - Alrededores de Sears
- 2).- La Victoria - Urb. Santa Catalina
- 3).- Av. Salaverry - Ministerio de Salud Pública
- 4).- Av. Arequipa - Cuadra 30 - 50
- 5).- Av. Argentina - Cuadra 20
- 6).- Plaza Unión
- 7).- Plaza San Martín
- 8).- Av. Abancay Cda. 7 (Ministerio de Educación Pública).
- 9).- Jr. de la Unión - Cda. 7 (La Prensa)
- 10).- Jr. A. Miró Quesada - Cda. 3 (El Comercio)
- 11).- Plaza Grau
- 12).- Vía Expresa - Lince
- 13).- Av. Caquetá (Puente del Ejército)
- 14).- Plaza Dos de Mayo
- 15).- Nicolás de Piérola - Cda 6 (Univ. Nac. Federico Villareal).
- 16).- Plaza Manco Capac
- 17).- Av. Aviación Cda. 7 (La Parada)
- 18).- Av. Tacna Cda. 6
- 19).- Av. Venezuela Cda. 8 (ESAL)
- 20).- Av. Brasil Cda. 18
- 21).- Av. Javier Prado Cda. 7

La ubicación de las estaciones y otros lugares de muestreo se pueden apreciar en el plano general No 1 de estaciones de muestreo, adjunto al presente trabajo.

3.3.2. CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

El desarrollo y progreso de las ciudades conllevan directamente al incremento de los medios de transportes, los cuales por su gran número, como ocurre con los automotores, constituyen las principales fuentes móviles de emisión de contaminantes atmosféricos.

En forma sucinta se presentan a continuación los principales contaminantes atmosféricos provenientes de las unidades motorizadas, toda vez que un complemento a este capítulo se puede apreciar en el Anexo No.1.

- MONOXIDO DE CARBONO

El Monóxido de Carbono es uno de los contaminantes que más abunda en la atmósfera de las grandes ciudades. La principal fuente de contaminación la constituyen los vehículos motorizados, en especial los equipados con motores a gasolina, estimándose que el 80% (3) de las emisiones mundiales del monóxido de carbono son generados por estos medios de transportes; se ha demostrado además, que en las ciu-

dades donde el tránsito es intenso las concentraciones de este gas son elevadas, llegando a producir efectos nocivos en personas sensibles.

- HIDROCARBUROS

Se estima que el 15% (3) del total de las emisiones mundiales de Hidrocarburos que van hacia la atmósfera provienen de la combustión incompleta del petróleo, gasolina y otros combustibles procedentes de los vehículos motorizados que descargan los hidrocarburos no quemados (no oxidados) o parcialmente quemados; contaminantes primarios que en la atmósfera juegan un rol importante en la formación de "smog" fotoquímico.

Estudios efectuados (7) sobre la composición de los hidrocarburos del escape de los automoviles, señalan la existencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos y alifático, destacándose el 3 - 4 benzo-pireno, los fluoranteno, antraceno, ácidos orgánicos, peróxidos orgánicos y una serie de polímeros de composición desconocida.

- ALDEHIDOS

De los aldehidos (18), son los alifáticos los que se emiten con los gases de escape de los automotores, siendo la acroleina y el formaldehido sus compuestos principales, atribuyéndoles propiedades irritantes y olores malolientes, especialmente -

y en mayor producción en los motores Diesel.

- OXIDOS DE NITROGENO (NO_x)

De los Oxidos de Nitrógeno (18), el Oxido Nitrico (NO) y el dióxido de Nitrógeno (NO₂) son los más importantes y los que se emiten en mayor cantidad, siendo su principal fuente los vehículos automotores, donde la combinación del nitrógeno del aire y el oxígeno a elevadas temperaturas origina las emisiones de estos óxidos; los cuales en zonas urbanas de tránsito intenso y en presencia de la luz solar reaccionan generando el ozono, que va a contribuir a la formación del "SMOG" fotoquímico, con las consecuencias ya conocidas.

- DIOXIDO DE AZUFRE (SO₂)

Se estima que el 16% (3) de la emisiones mundiales de dióxido de Azufre que van hacia la atmósfera, proceden de la combustión de combustible con cierto contenido de azufre. El SO₂ contaminante bastante frecuente en la atmósfera de las ciudades, bajo la acción de la luz solar forma parte en las reacciones fotoquímicas que generan el ozono y otros oxidantes; los cuales contribuyen a la formación del "smog" fotoquímico., con los efectos adversos tanto para la salud de las personas, vegetación y propiedad en general.

- PLOMO (Pb)

El plomo contenido en los escape de automotores se origina por la adición de sustancias-antidetunantes en la gasolina, siendo la mayormente-usada el plomo tetraetílico $(Pb)(C_2 H_5)_4$, forma-de compuesto de plomo orgánico que en los procesos -de combustión es convertido en compuesto de plomo -inorgánico (19). El grado de contaminación atmosférica está en relación directa con la densidad del -tránsito vehicular en las areas metropolitanas.

- MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSION

La Contribución del material Parti-culado en suspensión, por el uso de los vehículos mutorizados, se relaciona a las emisiones de los auto-motores a gasolina por sus contenidos de zinc, plomo, óxidos metálicos etc., mientras que en el escape de-los motores diesel predominan concentraciones de las partículas carbonosas (20). Impurtante es señalar -que en las ciudades metropolitanas, el asbesto que -se desprende de los frenos de los autumviles consti-tuyen un serio problema en que se ven expuestos nuestros pulmones.

3.3.3 METODOS Y TECNICAS

1.- MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSION

El método aplicado para la colección de partículas en suspensión es el que recomienda el -

Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos; basado en el principio de filtración y que emplea un muestreador de alto volumen. (21)

Las condiciones de operación se fijaron a una razón de flujo de 30 a 35 pie³/minuto, con una duración de muestreo de 24 horas; como medio filtrante se usó un filtro rectangular de fibra de vidrio Gelman Tipo A de 8"x10". El instrumento posee un soporte rectangular para los filtros de 8"x10", ajustable al muestreador, un rotámetro y accesorios; el instrumento se instala en el interior de una caseta para protegerlo de la acción climática; según se observa en las fotografías No.5.

Las partículas totales suspendidas se determinaron por gravimetría y los resultados se expresan en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.- DIOXIDO DE AZUFRE

El método de muestreo fué del Peróxido de Hidrógeno, método que emplea el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS); que se basa en el principio de absorción. (22)

El conjunto funciona mediante un

(5)



FOTOGRAFIA N° 5: MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN PARA LA COLECCION DE PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION

sistema que incluye una bomba de succión, un medidor volumétrico del flujo y un frasco lavador de gases - Tipo Dreschsel; previamente las partículas de aire - contaminado son retenidas en un papel de filtro Whatman No. 1, fijado a un soporte al inicio del sistema.

El frasco lavador contiene 50 c.c. de una solución diluida de peróxido de hidrógeno (agua - oxigenada). En esta solución de captación el dióxido de azufre se disuelve y es oxidado a ácido sulfúrico.

Las condiciones de operación se fijarán a una razón de flujo de 5.2 Lt/mint con una duración de muestreo de 24 horas.

En la figura No 3-2, se puede apreciar el sistema empleado. El análisis de dióxido de azufre se efectuó por volumetría y los resultados se expresan en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$).

3.- MONOXIDO DE CARBONO

a).- A Nivel De Tránsito Peatonal

El método aplicado (23) está basado en el principio de adsorción, colectándose las muestras con equipos que usan tubos detectores colorimétricos este es el método que sigue el Instituto de Salud Ocupacional. El detector colorimétrico es de operación manual, en el instrumento se fija el tubo de -

detector, a través del cual se hace pasar el aire contaminado, succionando este mediante un bulbo de caucho de 50 c.c. de volumen; el cambio de coloración - ocurre en el tubo detector, y por comparación con un patrón que está adosado en la parte externa del instrumento, se determina la concentración. Este equipo se presenta en la fotografía No.6.

b).- A Mayor Altura

Para la determinación del monóxido de carbono a mayor altura, se siguió el método publicado por NATIONAL BUREAU OF STANDARDS (N.E.S.) - (24). Se utilizaron tubos detectores Dräger.

El sistema de muestreo comprendió - una bomba de succión, un manómetro diferencial, para la lectura del flujo y un soporte en el cual se fijó el tubo detector a través del cual ingresa el aire contaminado. La razón de flujo del aire se fijó a - 0.2 lt/min; en cuanto al tiempo de muestreo éste fue de 8 horas, en 2 turnos horarios: de las 8 a las 16 horas y de las 12 a las 20 horas.

En la figura No 3-3, se puede apreciar el sistema empleado.



EQUIPO PARA MUESTREO DE MONOXIDO DE CARBONO

FOTOGRAFIA N° 6 : EQUIPO USADO EN EL MUESTREO DE MONOXIDO DE CARBONO A NIVEL PEATONAL EN LA CIUDAD DE LIMA

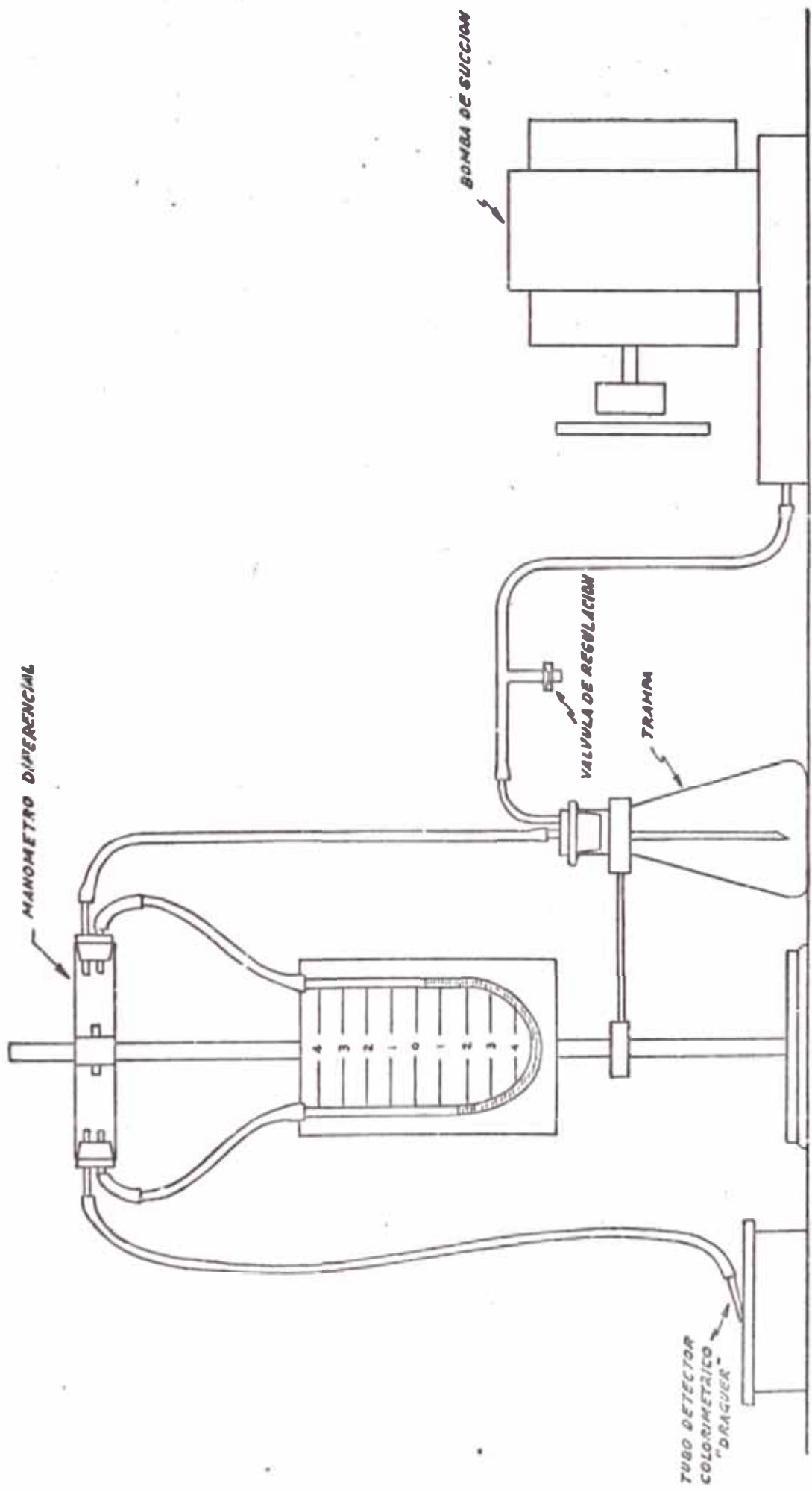


Fig. N:3-3.-SISTEMA DE MUESTREO PARA MONOXIDO DE CARBONO A MAYOR ALTURA (3-10 METROS)
 (NATIONAL BUREAU OF STANDARDS)

- CALIBRACIONES

Los sistemas de muestreo fueron calibrados con instrumentos de calibración primarios, a fin de obtener la razón de flujo de aire de muestreo requerida por los métodos aplicados a cada contaminante, los resultados de las calibraciones realizadas se presentan en el Anexo No 2.

3.3.4 ANALISIS QUIMICO

1.- MATERIAL PARTICULADO TOTAL EN SUSPENSION

El análisis químico del material particulado en suspensión se basa en el método gravimétrico, según describimos a continuación (22).

1.- El polvo en suspensión se colecta mediante el muestreador de alto volúmen, a través de un papel de filtro de fibra de vidrio Gelman Tipo A, cuyo peso ha sido determinado previamente, en una balanza analítica hasta peso constante.

2.- La muestra Colectada se lleva a una estufa de 100° - 105°C durante toda la noche, para quitarle la humedad al filtro.

3.- Se lleva seguidamente el filtro a un desecador para enfriarlo y luego pesarlo en la balanza analítica, hasta obtener un peso constante.

4.- La diferencia de pesos y el volúmen registrado en las 24 horas de operación nos permitirá calcular la concentración que se expresará en microgramos por metro cúbico de aire ($\mu\text{gr}/\text{m}^3$).

2.- PLOMO

La determinación del plomo en la atmósfera de Lima, se efectuó analizando alicuotas de las muestras de polvo en suspensión colectadas en los filtros de fibra de vidrio en las estaciones de muestreo establecidos. El análisis químico fué realizado por el método polarográfico, en el departamento-Laboratorio de Contaminación Ambiental perteneciente al Instituto de Salud Ocupacional.

Los resultados son expresados en Microgramos de plomo/metro cúbico de aire ($\mu\text{gr Pb}/\text{m}^3$).

3.- DIOXIDO DE AZUFRE

El análisis químico del dióxido de azufre, se realizó por el método de Peróxido de Hidrógeno, la técnica empleada fué la siguiente: (22)

1.- La muestra de aire se colecta durante 24 horas en solución de peróxido de hidrógeno de un volúmen; el SO_2 es absorbido por el reactivo y oxidado a ácido sulfúrico.

2.- Se determina la acidez por titulación con una solución de Tetraborato de Sodio 0,004 N.

3.- La titulación se hace con la presencia del indicador B.D.H. "4.5", el cual da color gris a pH 4.5, y que pasa a rosa naranja al aumentar la acidez de la muestra, y azul si ésta es alcalina.

4.- Si al añadir unas gotas del indicador aparece un gris puro sin matiz significa que no hay SO_2 en el aire, si la muestra toma un color rosado se lleva a gris titulando con Tetraborato de Sodio 0.004 N; si al agregar el indicador aparece un color azul, significará que se ha absorbido algún gas o vapor alcalino, generalmente amoníaco; la muestra se considera alcalina.

5.- Los resultados de la concentración del dióxido de azufre se expresarán en microgramos de SO_2 por metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.3.5 PATRONES DE COMPARACION

Uno de los propósitos fundamentales de un programa de prevención y control de la contaminación atmosférica, es fijar los criterios para el establecimiento de los patrones de comparación.

Tratándose de la contaminación del aire por vehículos automotores se han establecido normas o patrones de calidad de aire, en países como los Estados Unidos de Norteamérica y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, basadas en criterios sanitarios e higiénicos; asimismo se han fijado límites de emisión de contaminantes atmosféricos, en los Estados Unidos y algunos países europeos. Estos patrones referidos se tratan al detalle a continuación:

A.- PATRONES DE CALIDAD DE AIRE (25)

- Criterio de los Estados Unidos

El criterio de los EE.UU. llamado comúnmente Criterio Sanitario, toma en cuenta la relación entre la composición y severidad de la contaminación atmosférica de un lado, y los efectos resultantes de las exposiciones en personas, animales, vegetación de otro. El fin es mantener la calidad de aire en un nivel aceptable para comunidad y proporcionar una base firme para los programas de control.

- Criterios Sovietico

El criterio Sovietico más identificado como Criterio Higiénico es referido a índices de condiciones ambientales biológicamente más favorables para la existencia humana.

El ambiente óptimo biológico en relación al hombre, viene a ser la suma total de los estándares higiénicos ; estos patrones no son valores arbitrarios de los diferentes agentes ambientales, ni reglas arbitrarias del comportamiento humano, sino conceptos científicos basados en el estudio de la ecología humana expuesta a un conjunto de agentes bajo diferentes condiciones.

Para el efecto la URSS ha establecido 2 patrones de calidad de aire, el primero es la concentración máxima permisible para cualquier momento (exposición corta), que tiende a prevenir reacciones secundarias en el organismo, por acción de los órganos receptores de la zona olfatoria; y el segundo, la concentración máxima permisible para 24 horas, que tiene por finalidad prevenir efectos crónicos por inhalación de compuestos tóxicos.

La diferencia de criterios adoptados en estos 2 países para el establecimiento de los patrones de calidad de aire, se interpreta, conociendo que los estándares higiénicos representan condiciones óptimas y pueden ser universales debido a que están basadas en datos científicos; mientras que los estándares sanitarios al compulsar el aspecto económico, con el tecnológico resultan provisionales, obviamente

estos últimos patrones de acuerdo al nivel económico - de cada nación son revisados continuamente aproximándose se cada vez más a los estándares higiénicos.

A continuación se presentan los principales patrones de calidad de aire, referidos a los contaminantes provenientes de vehículos motorizados recomendados por grupos de expertos o establecidos por países altamente industrializados.

I AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION (A.I.H.I.)
EE.UU. (26)

1.- Material Particulado (Promedio sobre 30 días)-1969

	Medición Simple	Promedio	Observación
-Partículas en suspensión	120 ugr/m ³	75 ugr/m ³	Sobre valor base
-Partículas Sedimentables.	1.5 mg/cm ² /mes	1.0mg/ cm ² /mes	" " "
-Indice de Suciedad.	0.5 COH	0.4 COH	" " "
-Plomo		10 ugr/m ³	-----

2.- GASES

-ALDEHIDOS - 1968

0.1 ppm formaldehido

0.01 ppm acroleina

0.2 ppm total aldehido como formaldehido

- OZONO - 1968

0.05 ppm - ideal

0.1 ppm - para período de 1 hora de exposición por día y promedio anual.

- MONOXIDO DE CARBONO - 1969

- 20 ppm para 8 horas ó 70 ppm para 1 hora de exposición (equivale a 3% de carboxihemoglobina en la sangre, interfiriendo el transporte normal de oxígeno).

- DIOXIDO DE AZUFRE - 1970

- 0.03 ppm ó 80 ugr/m³, promedio aritmético anual para 24 horas de concentración.

- 0.10 ppm ó 260 ugr/m³ como máximo para 24 horas, no debe excederse una vez por 24 horas en 3 meses consecutivos.

- 0.30 ppm ó 800 ugr/m³ como máximo para 1 hora no debe excederse una vez por 24 horas en 3 meses consecutivos.

II.- CONCENTRACIONES MAXIMAS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES

ATMOSFERICOS - UNION SOVIETICA - 1967 (27)

CONTAMINANTES	CONCENTRACION MAXIMA PERMISIBLE EN mg/m ³	
	Máxima en cualquier Momento	Promedio 24 Hrs.
- Monóxido de Carbono	3.0	1.0
- Dióxido de Azufre	0.5	0.15
- Dióxido de Nitrógeno	0.085	0.085
- Acroleina	0.30	0.10
- Formaldehido	0.035	0.012
- Plomo y Compuestos	-----	0.0007

III.- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (E.P.A.) - 1971

EE. III. (28)

- PARTICULAS EN SUSPENSION

75 ugr/m³ anuales promedio geométrico ó 260 ugr/m³ como máximo para concentraciones de 24 horas.

- MONOXIDO DE CARBONO

10 mg/m³ ó 9.1 ppm como máximo para 8 horas y 15 - mg/m³ ó 13.6 ppm como máximo para 1 hora.

- OXIDANTES FOTOQUIMICOS

125 mg/m³ para 1 hora de concentración máxima.

- OXIDOS DE NITROGENO

100 ugr/m³ anuales promedio aritmético y 250 ugr/m³ para 24 horas de concentración.

- HIDROCARBUROS

125 ugr/m³ como máximo para 3 horas de concentración (durante las de mayor tráfico en las mañanas).

- DIOXIDO DE AZUFRE

80 ugr/m³ anuales promedio aritmético ó 365 ugr/m³ para 24 horas.

B.- LIMITES DE EMISION

Una de las formas de contrarrestar - los efectos de los contaminantes atmosféricos, consiste en la aplicación de normas que limiten la emisión de contaminantes en la atmósfera, las cuales inciden en el control de la fuente.

Algunos límites de emisión que se han establecido ultimamente, para contaminantes como el monóxido de carbono e hidrocarburos, se detallan seguidamente:

I.- ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA - 1968

Para todos los Estados (7)

TUBO DE ESCAPE EN LOS VEHICULOS AUTOMOTORES *

- Monóxido de Carbono = 1.5% ó 15,000 ppm por volúmen
- Hidrocarburos = 275 ppm por volúmen

(*) Vehículos motorizados con sistemas de control

II.-ALEMANIA - 1969

TUBO DE ESCAPE EN LOS VEHICULOS AUTOMOTORES (29)

- Monóxido de Carbono = 4.5% ó 45,000 ppm por volúmen.

III.-FRANCIA - 1970

TUBO DE ESCAPE EN LOS VEHICULOS AUTOMOTORES (30)

- Monóxido de Carbono = 5.5% ó 55,000 ppm por volúmen.

Observando estos límites considero que el límite de emisión de FRANCIA 5.5% ó 55,000 ppm por volúmen de monóxido de carbono, puede aplicarse como valor tentativo de límite de emisión en el país, basado en que nuestros vehículos automotores no cuentan con dispositivos de control y la renovación de unidades es muy limitada.

3.4 ASPECTO METEOROLOGICO

La atmósfera es un sistema dinámico. En forma constante absorbe cantidades de contaminantes atmosféricos, sean producidos por el hombre o en forma natural, encargándose de disiparlos; más su capacidad de dispersión es limitada dependiendo directamente de las condiciones meteorológicas y topográficas; las mismas que tratándose de la Gran Lima son propicias para la contaminación atmosférica.

Las condiciones meteorológicas de nuestra ciudad según estudios del meteorologista Mateo Casaverde, Director del Instituto Geofísico del Perú (31) se caracterizan por presentar casi permanentemente inversiones térmicas debido a las corrientes verticales descendentes "subsidiarias", que proporciona aire adiabáticamente calentado sobre las superficies oceánicas frías, según se interpreta en la fig. No. 3-4.

El estado térmico de la masa de aire caliente sobre el aire frío, da lugar a la estabilidad atmosférica que se caracteriza por el predominio de las corrientes horizontales y la ausencia de corrientes verticales, según apreciamos en la fig. No. 3-5.

Como el aire caliente y liviano es seco y se encuentra encima del aire frío que es más den-

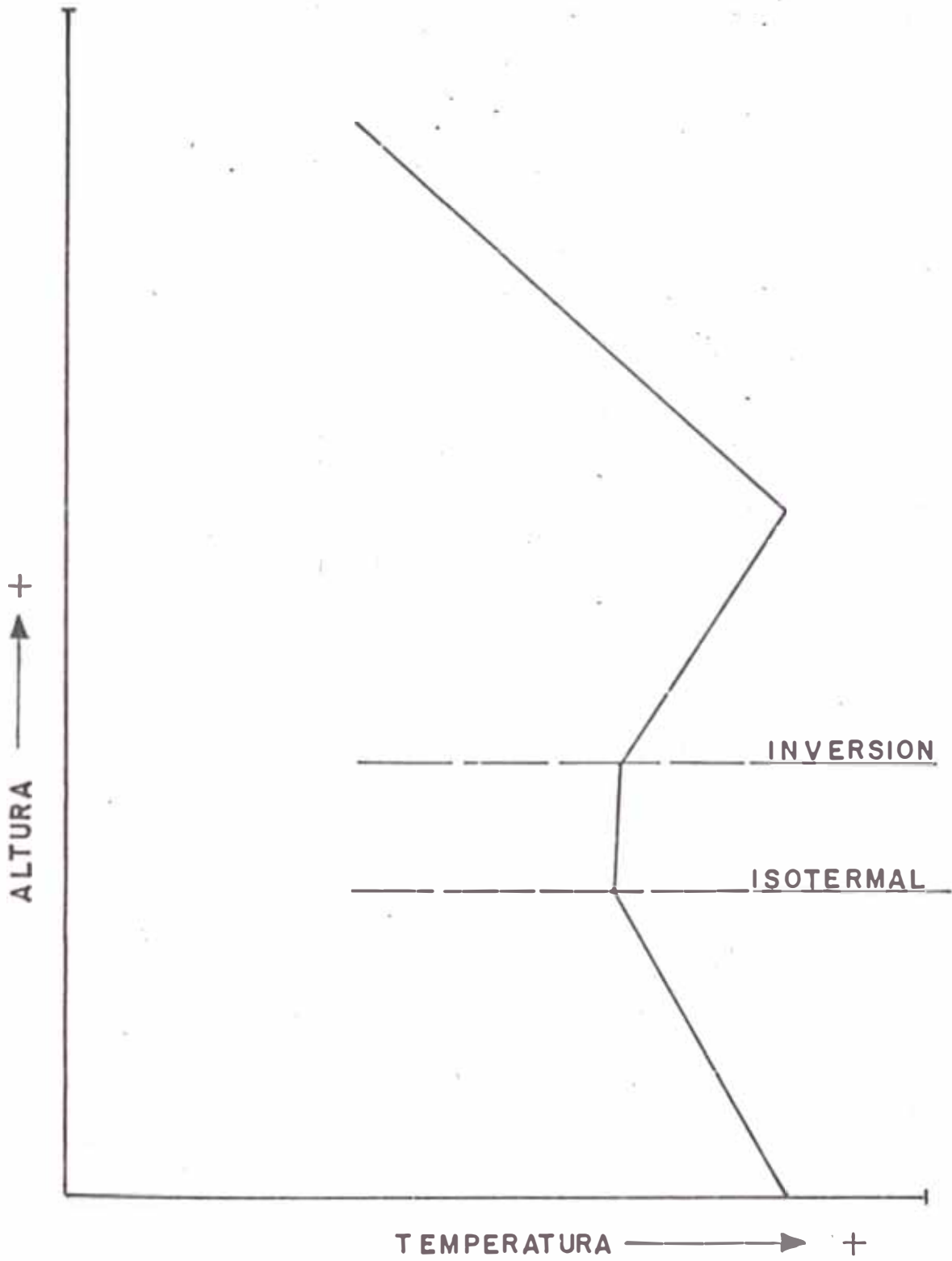


Fig. N° 3-4.- Tipo de inversión térmica sobre Lima.

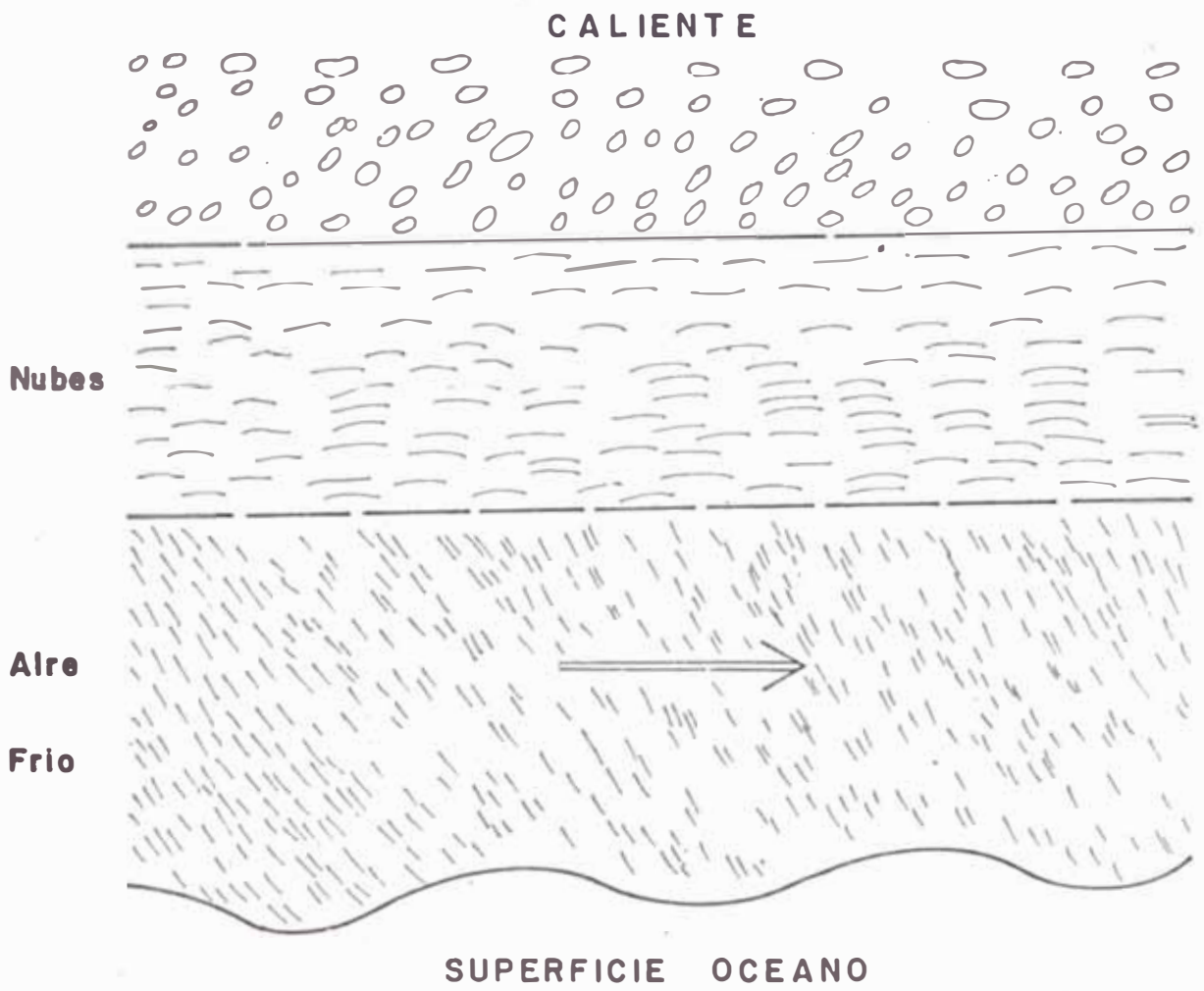


Fig. N° 3-5.- Estado térmico de las masas de aire caliente sobre aire frío.

so y húmedo, es una de las razones para que las precipitaciones sean casi nulas en nuestra capital, a excepción de algunas lloviznas en invierno. Estas condiciones atmosféricas, con el complemento del obstáculo natural que constituye la BARRERA ANDINA, que empieza a elevarse a corta distancia del mar, hacen favorables el estancamiento de los contaminantes aéreos.

Se estima que la inversión térmica sobre la ciudad de Lima, durante el invierno varía entre los 400-600 mts. de altura s.n.m., aumentando hasta unos 1,000 mts. en la época de verano, estación del año en la que la difusión de los contaminantes atmosféricos es más favorable.

Para los efectos del presente trabajo, con la colaboración del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENHAMI) se han obtenido datos para la Gran Lima, acerca de los parámetros meteorológicos siguientes:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Precipitaciones
- Vientos : (Dirección y Velocidad)
- Horas de Sol.

En el capítulo 4.3 denominado, " Las condiciones Meteorológicas en el período estudiado ".

se presentan los resultados en los meses de Setiembre a Noviembre de 1972 que duró el estudio, sí como los valores para éste mismo período del año 1962 hasta 72, lo cual permite correlacionar las condiciones meteorológicas prevalecientes en la ciudad limeña, con las concentraciones de los contaminantes atmosféricos evaluados.

4.- RESULTADOS

4.1. CONCENTRACION DE EFLUENTES DE LOS AUTOMOTORES

Las concentraciones de monóxido de carbono, en los efluentes de automotores del grupo representativo de las unidades circulantes en la capital, se presentan de acuerdo al método de muestreo realizado, seguido de una discusión comparativa.

4.1.1. RESULTADOS POR EL METODO DE COMPROLADOR DE GASES

En la tabla No. 4-1, se presentan las concentraciones de monóxido de carbono obtenidas por este método en las cuatro marcas seleccionadas de vehículos automotores a gasolina, determinaciones que se realizaron en las Plantas de Revisiones Técnicas Autorizadas, de la Ciudad de Lima; en esta tabla se consignan los valores máximos, mínimos y promedio de cada marca con relación a sus años de uso; así mismo, la concentración promedio de todas las marcas de vehículos automotores; como complemento en la figura No. 4-1, una representación en barras compara las concentraciones promedios de cada marca con el límite de emisión establecido.

TABLA No. 4-1

CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN LAS UNIDADES CIRCULANTES MOTO-
RIZADAS PARA LOS TRES PERIODOS DE AÑOS DE USO EN LA CIUDAD DE LIMA

- 1972 -

Años de uso	Marca	Número de determinaciones	Concentración en %		
			Máxima	Mínimo	Promedio
	Todas las marcas	600	12.0	2.0	5.4
DE 1-5 AÑOS	FORD	42	6.8	2.6	4.1
	CHEVROLET	30	7.0	2.8	4.2
	DODGE	84	7.3	2.2	4.3
	VOLKSWAGEN	44	6.1	2.0	3.9
		200			
DE 6-10 AÑOS	FORD	84	9.5	3.7	5.3
	CHEVROLET	48	10.0	3.8	5.4
	DODGE	24	9.0	3.5	5.6
	VOLKSWAGEN	44	8.0	3.2	5.0
		200			
MAYO RES DE 10 AÑOS	FORD	102	12.0	4.6	7.2
	CHEVROLET	72	12.0	4.0	7.1
	DODGE	12	11.0	3.8	7.0
	VOLKSWAGEN	14	10.0	3.0	7.3
		200			

* Límite de Emisión = 5.5% de CO - Francia 1970

Equivalencia : 1% de CO = 10,000 ppm de CO

En la tabla No. 4-1, se observa que la concentración promedio general de monóxido de carbono en los gases de escape del grupo representativo de los vehículos automotores es de 5.4% con valores extremos de 2.0 y 12.0%.

Para el período de 1 a 5 años de uso, en orden decreciente los valores promedio de cada marca alcanzan las siguientes concentraciones: Dodge 4.3%, Chevrolet 4.2%, Ford 4.1% y Volkswagen 3.9% de monóxido de carbono; en el período de 6 a 10 años, las concentraciones promedio se ordenaron de la misma manera: Dodge 5.6%, Chevrolet 5.4%, Ford 5.3% y Volkswagen 5.0%; finalmente para el período de más de 10 años de uso, se aprecia un cambio de ordenamiento de las concentraciones promedio que mostraron: Volkswagen 7.3%, Ford 7.2%, Chevrolet 7.1% y Dodge 7.0%. En general puede observarse que las concentraciones promedio de Monóxido de Carbono son mayores en los períodos de 6 a 10 años y mayores de 10 años de uso; siendo más notoria para los vehículos motorizados circulantes con más de 10 años de uso.

Para la interpretación de los resultados he considerado como patrón de comparación, el límite de emisión de Francia de 5.5% ó 55,000 ppm de monóxido de carbono, para los gases del tubo de escape de los vehículos automotores a gasolina. Efectuando la comparación apreciamos que la concentración promedio general de todas las marcas (5.4%) está cercana a este límite de emisión. Asimismo se puede observar que el grupo de los automotores de 1 a 5 años de uso, cuyos valores promedio fluctúan entre 3.9 y 4.3%; están por debajo del -

límite de emisión establecido. En los vehículos de 6 a 10 años, los promedios oscilaron entre 5.0 y 5.6% prácticamente al nivel del patrón de comparación; en cuanto a los vehículos de más de 10 años de uso las concentraciones promedio de 7.0 a 7.3% sobrepasan el límite de emisión propuesto, constituyéndose este grupo como la principal fuente de contaminación por monóxido de carbono en la ciudad limeña.

Como un complemento de estas evaluaciones, en la fig. No. 4-1, el gráfico de barras permite apreciar objetivamente el mayor impacto de la contaminación atmosférica ocasionada por los vehículos de más de 10 años de uso; la barra correspondiente sobrepasa marcadamente el patrón de comparación.

4.1.2. RESULTADOS POR EL METODO DE LOS DETECTORES COLORIMETRICOS.

En la tabla No 4-2, se presentan los resultados correspondientes a las determinaciones efectuadas con detectores colorimétricos, en dos marcas de vehículos automotores a gasolina en función a los años de uso, los valores están referidos a la concentración promedio general; así como a las concentraciones máxima, mínima y promedio para cada marca de vehículo automotor. Además, se presenta en la fig. No 4-2, un gráfico de barras que compara las concentraciones promedio de cada -

marca de los vehículos automotores con el límite de -
emisión establecido.

TAELLA No 4-2

CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO EN LOS TUBOS DE ESCAPE DE LOS
AUTOMOTORES FORD Y VOLKSWAGEN POR AÑOS DE USO

‡ 1972 -

Años de uso	Marca	Número de determinaciones	Concentración en %		
			Máxima	Mínima	Promedio
Todas las marcas		20	10.5	3.3	6.1
DE 1-5 AÑOS	FORD	3	5.0	4.5	4.7
	VOLKSWAGEN	3	4.5	3.3	4.0
DE 5-10 AÑOS	FORD	4	6.1	5.2	5.7
	VOLKSWAGEN	3	6.0	4.5	5.4
10 AÑOS	FORD	4	10.5	7.3	8.6
	VOLKSWAGEN	3	9.4	6.3	7.9

* Límite de Emisión = 5.5% de CO - FRANCIA - 1970

Equivalencia : 1% de CO = 10,000 ppm de CO

En la tabla No 4-2, se observa que el promedio general de monóxido de carbono en los gases de escape, del grupo representativo de vehículos automotores estudiados es de 6.1% con valores extremos de 3.3 y 10.5%.

Por grupos y marcas en el período de -
1 a 5 años de uso se obtuvieron las siguientes concentraciones

nes: Ford 4.7% de monóxido de carbono y Volksvagen 4.0%. En el período de 6 a 10 años de uso los promedios fueron: Ford 5.7% y Volkswagen 5.4%. Finalmente para el período de más de 10 años de uso las concentraciones indicaron : Ford 8.6% y Volkswagen 7.9%. Del mismo modo que en las evaluaciones anteriores puede observarse que las mayores concentraciones se presentan en los automotores con más años de uso, independientemente de la marca.

Comparando los resultados con el límite de emisión de Francia, (5.5% ó 55,000 ppm de monóxido de carbono para los vehículos con motor a gasolina), apreciamos que el promedio general de 6.1% de monóxido de carbono es ligeramente superior a este límite; independientemente en el grupo de los vehículos de 1 a 5 años de uso, las concentraciones promedio para los automotores Ford y Volkswagen de 4.7 y 4.0% respectivamente, están por debajo de este estándar; en los vehículos de 6 a 10 años de uso los promedios oscilaron alrededor del límite establecido y por último en los vehículos con más de 10 años de uso las concentraciones promedio de 7.9 y 8.6% sobrepasa el límite de emisión propuesto ratificando el hecho de constituir las principales fuentes de contaminación por monóxido de carbono en la Gran Lima

Como un complemento en la figura No.4-2,

un gráfico de barras compara las concentraciones promedio de monóxido de carbono en los automotores Ford y Volkswagen; apreciándose objetivamente una mayor generación de efluentes en los automotores con más de 10 años de uso; asimismo observamos que los vehículos Ford en los tres grupos estudiados eliminan una mayor concentración del contaminante, que los automotores Volkswagen.

4.1.3. DISCUSION COMPARATIVA

Los resultados presentados por los dos métodos, nos muestran que las concentraciones promedio de monóxido de carbono determinados por la técnica de los detectores colorimétricos, son un aproximadamente 10% de mayores que las obtenidas por el método del comprobador de gases; esta diferencia puede deberse entre otras causas, al grado de exactitud del método empleado, al tamaño de la muestra y lugar de muestreo; en este aspecto, mientras que en el comprobador de gases se utilizó en las Plantas de Revisiones Técnicas, los detectores colorimétricos se usaron en automotores circulantes en la ciudad.

El análisis realizado en ambas evaluaciones, mostró que las mayores concentraciones de monóxido de carbono en los efluentes de los automotores se-

presentan en las unidades motorizadas de más de 10 años de uso, los cuales rebasan holgadamente el límite de emisión recomendado. Es interesante acotar que estos vehículos suman alrededor de 123,000 unidades, - 41.7% del total circulante en la capital; lo cual nos da indicios de la magnitud del problema que hoy en - frentamos.

4.2 CONCENTRACION Y FLUCTUACIONES DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN LA CIUDAD DE LIMA

4.2.1. DIOXIDO DE AZUFRE

Las concentraciones del dióxido de azufre correspondientes a las cuatro zonas de muestreo establecidas en la Gran Lima, para los meses de Setiembre a Noviembre de 1972, son presentados en la tabla No.4-3 en sus valores máximos, mínimos y promedio. De otra parte en la fig. No. 4-3, se compara la concentración promedio en la zona comercial de Lima, en el presente estudio con los valores hallados por el Instituto de Salud Ocupacional en los años 1967, 1968, 1969, 1970 y 1971.

TAELA No. 4-3

CONCENTRACION DE DIOXIDO DE AZUFRE EN DIFERENTES ZONAS DE LA GRAN LIMA EN EL AÑO - 1972 - SETIEMBRE - OCTUBRE - NOVIEMBRE.

LUGAR DE MUESTREO	Concentración en ugr/m^3		
	Máxima	Mínima	Promedio
Zona Comercial - Lima	11.8	0.9	2.3
Zona Residencial - Lince	30.6	0.0	4.1
Zona Residencial Jesús María	40.0	0.0	3.4
Zona Norte de Lima - U.N.I.-	3.2	0.0	0.8

*Estándar de calidad de aire: $80 \text{ ugr}/\text{m}^3/24 \text{ horas}$, recomendado por la Environmental Protection Agency" EE.UU.- 1971

En la tabla No 4-3, se observa que la zona residencial de Lince registró una concentración promedio de 4.1 ugr/m³ y valores extremos de 0.0 y 30.6 ugr/m³, en orden decreciente la zona Residencial de Jesús María con 3.4 ugr/m³ y concentraciones fluctuantes entre 0.0 y 40.0 ugr/m³, sigue la zona comercial de Lima con 2.3 ugr/m³ y valores extremos 0.9 y 11.8 ugr/m³, finalmente la zona norte de Lima con 0.8 ugr/m³ y valores que oscilaron entre 0.0 y 3.2 ugr/m³.

Para la interpretación de los resultados se efectúa la comparación con el estándar de calidad de aire de la "Environmental Protection Agency" EE. UU.; que recomienda : 80 ugr/m³/24 horas; apreciándose se que las concentraciones promedio en las cuatro zonas de muestreo establecidas, están muy por debajo del límite recomendado, mostrando que la contaminación atmosférica por dióxido de azufre, no constituye problema en nuestra ciudad en el período estudiado.

La evolución de la contaminación por dióxido de azufre en la ciudad de Lima se aprecia en la figura No. 4-3, en donde se observa que la tendencia de la contaminación atmosférica en el sector comercial de Lima, es la de mantenerse dentro de un mismo nivel en estos últimos siete años y que por cierto están los valores muy alejados del límite de calidad de-

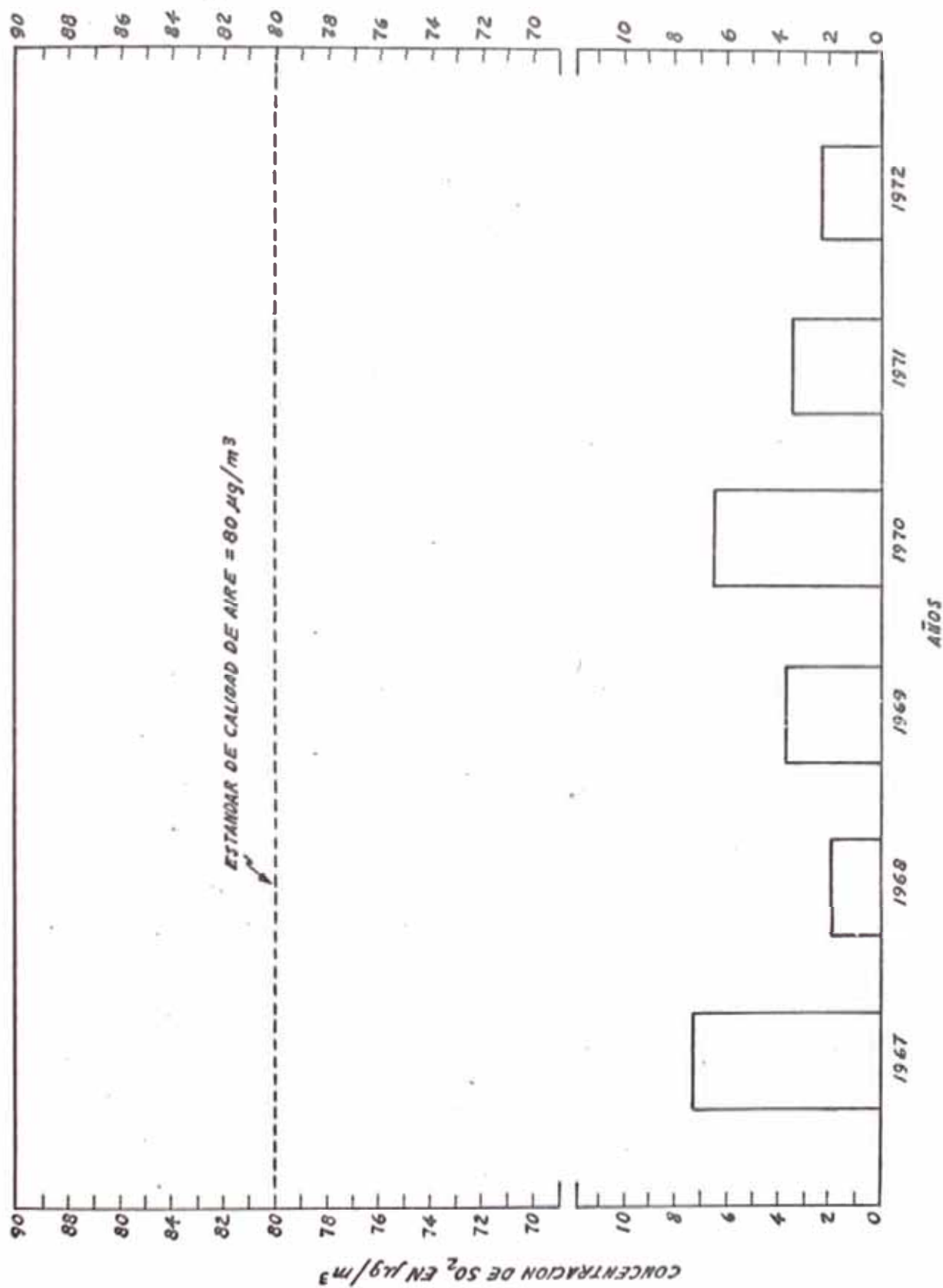


Fig. N° 4-3.- CONCENTRACION PROMEDIO DE DIOXIDO DE AZUFRE EN LA ZONA COMERCIAL DE LIMA ENTRE LOS AÑOS 1967-1972 (SET-OCT-NOV)

aire recomendado. Una de las explicaciones de estos resultados de acuerdo al informe de la Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire 1967 - 1970 (22), nos dice que; "Lima presenta una situación especial . El método utilizado por las estaciones de la Red para la determinación del dióxido de azufre tiene como interferencia el amoníaco que produce una disminución de los valores reales. Dado que este contaminante se encuentra sólo muy ocasionalmente en la atmósfera de las ciudades, esta interferencia carece normalmente de importancia. Lima, debido al crecido número de fábricas de harina de pescado ubicadas dentro de su ámbito metropolitano, constituye una notable excepción dentro de las ciudades capitales del mundo. Es de esperar que su atmósfera contenga niveles relativamente elevados de amoníaco, como pueden confirmarlo mediciones realizadas por el Instituto de Salud Ocupacional. Podría aceptarse, por ello, que los promedios calculados para la ciudad de Lima esté por debajo de sus valores reales". Sin embargo, las evaluaciones registradas para el período de setiembre a noviembre en 1972, coincidieron justamente durante el período de veda de las actividades pesqueras y los resultados no muestran un incremento en la concentración de dióxido de azufre en el aire; lo cual es una interrogante. Actualmente el Instituto de Salud Ocupa-

cional, con el auspicio del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), - viene efectuando investigaciones al respecto, que permitirán aclarar el panorama.

4.2.2. MONOXIDO DE CARBONO

4.2.2.1 CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO A NIVEL PEATONAL

Respecto a las determinaciones de las monóxido de carbono a nivel peatonal, los resultados correspondientes a las tres zonas de muestreo establecidas en Lima en los meses de setiembre a noviembre de 1972, se presentan en la tabla No. 4-4, - en sus concentraciones máximas, mínimas y promedio.- Los resultados se complementan con la figura No. 4-4, que muestra las fluctuaciones horarias de este contaminante. También se incluye la figura No. 4-5, que - compara las fluctuaciones horarias correspondientes al estudio realizado, con el efectuado en los años - 1962 - 1963 por el Instituto de Salud Ocupacional.

TAELA No.4-4

CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO A NIVEL PEATONAL EN -
DIFERENTES ZONAS DE LA CIUDAD DE LIMA
EN EL AÑO - 1972 -
SETIEMBRE - OCTUBRE - NOVIEMBRE

LUGAR DE MUESTREO	Número de Muestras	Concentración en ppm		
		Máxima	Mínima	Promedio
Zona Comercial-Lima	8	50	20	32.2
Zona Comercial-Miraflores	8	25	10	15.9
Zona Residencial-Lince	8	10	4	7.4

* Estandar de calidad de aire: 10 mg/m³ ó 9.1ppm/8 horas, recomendado por la "Environmental Protection Agency" EE.UU.- 1971.

En la tabla No. 4-4, se observa que las concentraciones de monóxido de carbono en las tres zonas estudiadas registraron valores que fluctuaron entre 4 y 50 ppm, que correspondieron a las zonas residencial de Lince y zona-comercial de Lima, respectivamente. En forma específica la zona comercial de Lima con una concentración promedio de 32.2 ppm y valores extremos de 20 y 50 ppm es la que presenta el mayor grado de contaminación; siguiendo en orden de creciente la zona comercial de Miraflores con un promedio de 15.9-ppm y concentraciones fluctuantes de 10 y 25 ppm; finalmente

la zona residencial de Lince con una concentración promedio de 7.4 ppm y con valores extremos de 4 y 10 ppm.

Para la interpretación de los resultados la "Environmental Protection Agency" EE.UU., ha establecido el siguiente patrón de comparación de calidad de aire para el caso de Monóxido de Carbono: 10 mg/m³ ó 9.1 ppm para 8 horas de concentración.

Considerando este valor como patrón de comparación, toda vez que las muestras se tomaron en el período horario comprendido entre las 8 y 20 horas - apreciamos que las concentraciones promedio halladas en las zonas comerciales de Lima (32.2 ppm) y Miraflores (15.9 ppm), sobrepasan el estandar de calidad de aire recomendado, evidenciando así el problema de contaminación por este gas al nivel peatonal en ambos sectores comerciales. La zona residencial de Lince con una concentración promedio de 7.4 ppm está por debajo del valor de comparación no presentando aún problema de contaminación atmosférica.

Las fluctuaciones horarias del grado de contaminación por este gas se aprecia en la fig. No. 4-4, que presenta las curvas correspondientes a las tres zonas de muestreo establecidas en intervalos de cada dos horas. En este gráfico se puede observar que la curva -

correspondiente a la zona comercial de Lima, es la que registra los valores más altos y las horas de mayor repunte se presentan entre las 8 a 10 horas, para luego descender y volver a subir de las 16 a 18 horas, lo cual puede relacionarse directamente con el tránsito automotor; en efecto, es en las primeras horas de la mañana, que gran parte de la población se vuelca al centro de Lima, hacia sus centros de trabajo, en diferentes medios de transporte congestionando y "embotellando" el tránsito en ese sector; asimismo en la tarde el repunte de monóxido de carbono, coincide con el incremento de la actividad comercial en la "Lima Cuadrada". En la zona comercial de Miraflores, la mayor contaminación se presenta entre las 16 a las 20 horas, ratificando el hecho de ser una de las zonas comerciales más concurridas de la capital, fluyendo hacia ese sector una gran densidad de vehículos automotores, aparte naturalmente de la gente que vive en Miraflores y zonas aledañas que regresan desde otros puntos de la Gran Lima hacia sus hogares. Finalmente la curva de la zona residencial de Lince, muestran también los momentos de mayor contaminación entre las 8 y 9 horas y de las 18 a 20 horas, más siendo estos valores mucho menores a los obtenidos en las otras zonas de muestreo, permiten afirmar que la contaminación atmosférica por vehículos automotores en esta zona de baja densidad vehicular, am-

plias calles y áreas verdes, no es aún significativa.

Una idea de la evolución del problema de la contaminación del aire en el principal sector de Lima Metropolitana, se logra al comparar los resultados obtenidos en muestreos realizados en diferentes épocas; para el caso se compara la concentración promedio obtenida en la zona comercial de Lima de 32.2 ppm, en el año 1972 con las evaluaciones realizadas por el Instituto de Salud Ocupacional en 1962 - 1963 (10) - que en promedio para la misma zona arrojó 40,8 ppm, es innegable que estas cifras si bien han disminuído en la actualidad, muestran que en la zona comercial de Lima el problema aún subsiste y por tanto puede afectar a: vendedores ambulantes, policías de tránsito, conductores de vehículos y otros, que desarrollan sus actividades a nivel de calzada por 8 ó más horas diarias. La relativa disminución de la contaminación del aire en esta zona puede deberse entre otras causas, a ciertas modificaciones del tránsito vehicular, al ensanchamiento del Jirón Cuzco, ahora avenida Emancipación y al descongestionamiento de las actividades comerciales hacia otros sectores de la ciudad. Se complementa esta comparación con las fluctuaciones horarias que se aprecian en la fig. No. 4-5, donde aparecen las curvas correspondientes tanto al estudio de 1962 - 1963, como -

la realizada por el presente trabajo, en esta gráfica, se observa que en 1962 - 1963, las mayores concentraciones de monóxido de carbono se presentaban en intervalos de las 12 a 14 horas y de las 18 a 20 horas; mientras que en 1972 ocurrían entre las 8 y 10 horas y entre las 16 y 18 horas; es notable la disminución de la contaminación en esos períodos (12 a 14 horas y 18 a 20 horas) probablemente como consecuencia de los cambios en los horarios de trabajo y por los nuevos sectores comerciales, hacia los cuales se va "esparciendo" la contaminación aérea ocasionada por los vehículos automotores circulantes en nuestra capital.

4.2.2.2. CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO A MAYOR ALTURA (Niveles entre 3 y 10 metros)

Estas determinaciones se efectuaron en las estaciones principales de muestreo, ubicadas en niveles representativos de la altura promedio de las edificaciones de las zonas, comercial, residencial y zona norte de Lima. Las muestras se tomaron en dos períodos entre las 8 a 16 horas (mañana) y entre las 12 a 20 horas (tardes), durante los meses de setiembre a noviembre de 1972. La tabla No. 4-5, presenta las concentraciones promedio de los dos períodos horarios estudiados, con sus valores máximos y mínimos de cada estación. Complementa a esta tabla la fig. No. 4-6, que-

mediante una representación en barras compara las concentraciones promedio de monóxido de carbono de cada estación en los períodos horarios indicados, con el patrón de comparación respectivo.

TABLA No. 4-5

CONCENTRACIONES DE MONOXIDO DE CARBONO A NIVELES ENTRE 3 Y 10 METROS EN DIFERENTES ZONAS DE LA GRAN LIMA

EN EL AÑO 1973

SETIEMBRE - OCTUBRE - NOVIEMBRE

Lugar de Muestreo	Número de Muestras	Concentración en ppm		
		Máxima	Mínimo	Promedio
PRIMER PERIODO : 8.00 - 16 HORAS (MANANA)				
Todas las Estaciones	20	27.5	0.5	4.7
Zona Comercial-Lima	5	27.5	3.2	13.5
Zona Residencial-Lince	5	6.0	0.6	2.6
Zona Residencial Jesús María	5	2.0	1.0	1.7
Zona Norte-Lima U.N.I.	5	1.0	0.5	0.8
SEGUNDO PERIODO : 12.00 - 20.00 HORAS (TARDE)				
Todas las Estaciones	20	32.1	1.0	5.6
Zona Comercial-Lima	5	32.1	8.5	16.8
Zona Residencial-Lince	5	3.9	1.9	2.8
Zona Residencial Jesús María	5	2.0	1.0	1.6
Zona Norte-Lima U.N.I.	5	1.9	1.2	1.4

* Estándar de calidad de aire : 10mg /m³ ó 9.1 ppm/8 horas, recomendado por la "Environmental Protection Agency" EE.UU. 1971.

En la tabla No 4-5, se observa que el valor promedio para todas las estaciones obtenido en el período horario comprendido entre las 8 a 16 horas, fué de 4.7 ppm con valores extremos de 0.5 y 27.5 ppm; y para el segundo período comprendido entre las 12 a 20 horas, corresponde una concentración promedio de 5.6 ppm con valores que fluctuaron entre 1.0 y 32.1 ppm.

Individualmente los promedios obtenidos en las cuatro estaciones de muestreo, señalan que tanto en la mañana como en la tarde las mayores concentraciones correspondieron a la zona comercial de Lima con 13.5 y 16.8 ppm respectivamente; sigue en orden decreciente, la zona residencial de Lince con 2.6 y 2.8 ppm, luego la zona residencial de Jesús María con 1.7 y 1.6 ppm; finalmente la zona norte de Lima, 0.8 y 1.4 ppm. En general puede observarse que las concentraciones promedio son mayores en período de la tarde (12:00 a 20:00 horas); esta diferencia se hace más notoria en el caso de la zona céntrico comercial de Lima.

Para la interpretación de los resultados la Environmental Protection Agency - EE.UU., ha establecido el siguiente límite de calidad de aire: 10 mg/m³ ó 9.1 ppm para 8 horas.

Considerando este valor como patrón de comparación para estimar el grado de contaminación de la ciudad de Lima, apreciamos que las concentraciones promedio de todas las estaciones de muestreo en los dos períodos horarios estudiados (4.7 y 5.6 ppm), son menores que éste límite lo cual nos indica que el problema aún no alcanza un grado de contaminación atmosférica considerable a nivel de Ciudad.

Efectuando la comparación por zonas, observamos que las residenciales (Lince y Jesús María) y la Zona Norte de Lima, cuyas concentraciones promedio en ambos períodos horarios fueron menores de 3 ppm; presentan un grado de contaminación bastante moderado; en cambio en la Zona Comercial de Lima las concentraciones de monóxido de carbono, tanto en el período de la mañana (13.5ppm), como en el de la tarde (16.8ppm) sobrepasan ampliamente el límite de calidad de aire recomendado (9.1 ppm); evidenciando así el problema de contaminación por este gas en esta importante zona comercial de la Ciudad.

La comparación realizada en la interpretación de los resultados se aprecia objetivamente en el gráfico de barras de la fig. No. 4-6, que muestra claramente el mayor grado de contaminación atmosférica de la zona céntrico-comercial de la Gran Lima, en el

nivel promedio de las edificaciones (3 - 10 metros), notándose que en el período de la tarde, (12.00-20.00 horas), la concentración promedio es un 20% mayor que la de la mañana; la causa probable de estas variaciones como se ha señalado es la mayor intensificación de las actividades comerciales, sumándose a ello, la inapropiada tradición limeña de "jironear" por las tardes, movilizándose en sus propios vehículos hasta el centro de la ciudad.

Por extensión se puede estimar que en otras zonas comerciales de la Gran Lima, se presentan características similares.

4.2.2.3. MEDICIONES INSTANTANEAS

Como un complemento al muestreo del monóxido de carbono, realizado tanto a nivel peatonal, como a mayor altura, durante el mes de octubre de 1972 se efectuaron mediciones instantáneas de este gas empleando tubos detectores colorimétricos en 21 lugares diferentes de la Gran Lima.

La ubicación de los lugares de muestreo se aprecian en el plano general No. 2, en el cual para mejor visualización se diferencian las concentraciones halladas en círculos coloreados que representan 3 gru-

pos: 0 - 10 ppm, 11 - 30 ppm y mayores de 30 ppm.

La observación de estos resultados, confirma que la "Lima cuadrada" con concentraciones mayores de 30 ppm es la zona de mayor contaminación de la ciudad. Conviene señalar que otro lugar con alta concentración resultó la zona de la avenida Aviación (Distrito de la Victoria), cercano al Mercado Mayorista, lugar muy concurrido por la mayor parte de la población limeña.

Zonas como las Plazas, Dos de Mayo, Grau y Manco Cápac; las Avenidas Argentina, Salaverry y otros sectores que se señalan en el plano, presentan concentraciones intermedias fluctuantes entre 11 - 30 ppm, sin riesgo inminente para la salud, pero que muestran que la contaminación se va dispersando peligrosamente a otros sectores de la ciudad.

El tercer grupo con concentraciones menores de 10 ppm, se encuentra en zonas como los alrededores de Sears de San Isidro, Urbanización Santa Catalina (Distrito de la Victoria), Av. Javier Prado, y otros lugares de baja densidad vehicular, en los cuales el grado de contaminación atmosférica no presenta características de problemas.

4.2.3. MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSION

Las concentraciones del material particulado en suspensión, correspondientes a los muestreos efectuados en las zonas, comercial de Lima y residencial de Lince en los meses de setiembre a noviembre de 1972, se presentan en la Tabla No. 4-6, en sus concentraciones máximas, mínimas y promedios. La concentración promedio determinada en la zona comercial de Lima en el presente estudio es comparada con los valores hallados por el Instituto de Salud Ocupacional en los años 1967, 1968, 1969, 1970 y 1971, en la figura No.4-7.

TABLA No 4-6

CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSION EN
DOS ZONAS DE LA CIUDAD DE LIMA EN EL AÑO - 1972 -
SETIEMBRE - OCTUBRE - NOVIEMBRE

LUGAR DE MUESTREO	Número de Muestras	Concentración en $\mu\text{gr}/\text{m}^3$		
		Máxima	Mínima	Promedio
Zona Comercial de Lima	7	90.5	37.5	64
Zona Residencial Lince	7	54.8	24.5	43

* Estándar de calidad de aire: $75 \mu\text{gr}/\text{m}^3/24$ horas, recomendado por la "Environmental Protection Agency". EE.UU. 1971.

En la Tabla No. 4-6, se observa que la zona comercial de Lima con una concentración promedio de 64 ugr/m³ y valores extremos de 37.5 y 90.5 ugr/m³, es la que presenta mayor grado de contaminación; la zona residencial de Lince registró un promedio de 43 ugr/m³ y concentraciones fluctuantes entre 24.5 y 54.8 ugr/m³.

Para la interpretación de los resultados se efectúa la comparación con el Estándar de calidad de aire de la "Environmental Protection Agency" - EE.UU., - que recomienda 75 ugr/m³/24 horas. Los resultados obtenidos permiten apreciar que las concentraciones promedio, tanto en la zona comercial de Lima, como la residencial de Lince (64 y 43 ugr/m³) en el período estudiado no rebasan el límite establecido; mostrando que la contaminación atmosférica por material particulado en suspensión se encuentra dentro de los límites normales.

Una idea de la evolución de la contaminación por material particulado en suspensión en la ciudad de Lima, se aprecia en la figura No. 4-7, en la cual se observa que existe una tendencia favorable de disminución de la contaminación atmosférica en el sector céntrico comercial de la ciudad. La menor concentración obtenida en el año 1972 (82 ugr/m³ - promedio anual) fue

de atribuirse a las condiciones meteorológicas especiales ocurridas en ese año, muy diferentes a las habidas en los últimos 7 años; aparte de las mejoras de algunas arterias centrales, como es el caso de la avenida Emancipación, cuyo ensanchamiento ha contribuido a una mayor fluidez del tránsito vehicular en la citada zona céntrico comercial.

4.2.4 PLOMO

Los resultados correspondientes a las 2 zonas de muestreo establecidas en Lima, para los meses de setiembre a noviembre de 1972, se presentan en la tabla No 4-7, en sus concentraciones máximas, mínimas y promedio. Se efectúan también una comparación de las concentraciones promedio correspondientes al estudio realizado, con resultados hallados por el Instituto de Salud Ocupacional el año 1971, lo cual se aprecia en la tabla No. 4-8.

TABLA No. 4-7

CONCENTRACION DE PLOMO EN DOS ZONAS DE LA CIUDAD DE -
LIMA EN EL AÑO - 1972 -
SETIEMBRE - OCTUBRE - NOVIEMBRE

LUGAR DE MUESTREO	Número de Muestras	Concentración ugr/m ³		
		Máxima	Mínima	Promedio
Zona comercial Lima	7	0.70	0.30	0.40
Zona Residencial Lince	7	0.30	0.20	0.25

*Patrón de comparación: Estandar Higiénico de la Unión - Soviética - 0.70 ugr/m³.

TABLEA No. 4-8

VALOR COMPARATIVO DE PLOMO EN LA CIUDAD DE LIMA EN
LOS AÑOS 1971 - 1972

LUGAR DE MUESTREO	Concentración Promedio ugr/m ³	
	1971	1972
Zona Comercial Lima	1.0	0.40
Zona Residencial Lince	0.40	0.20

* Patrón de comparación : Estandar de la Unión Soviética: 0.70 ugr/m³.

En la tabla No 4-7, se observa que la zona comercial de Lima con una concentración promedio de 0.40 ugr/m³ y valores extremos de 0.30 y 0.70 ugr/m³ es la que presenta mayor grado de contaminación; la zona comercial de Lince registró un promedio de 0.25 ugr/m³ y concentraciones fluctuantes entre 0.20 y 0.30 ugr/m³.

Para la interpretación de los resultados se efectúa la comparación con el Estandar higiénico de la Unión Soviética - 1967, que establece como límite máximo permisible: 0.70 ugr/m³/24 horas. Los resultados obtenidos permiten apreciar que las concentraciones promedio de la zona comercial de Lima y residencial de Lince (0.40 y 0.25 ugr/m³) no rebasan el límite establecido.

do (0.70 ugr/m^3), mostrando que la contaminación atmosférica por plomo en nuestra capital no constituye aún problema.

Una idea de la evolución de la contaminación por plomo en la ciudad de Lima se aprecia en la Tabla No 4-8, en la cual observamos que las concentraciones promedio de plomo en las zonas comercial y residencia han disminuído en el año 1972, siendo más notoria la disminución en la zona comercial, en la cual de 1.0 ugr/m^3 registrada en 1971, la concentración promedio se reduce a 0.40 ugr/m^3 en 1972. Estos resultados tienen una explicación valedera (39) en el contenido de plomo tetraetílico de la gasolina que actualmente se consume en la capital, que es alrededor de 1,0 centímetro cúbico/galón de gasolina; mientras que en los años anterior a 1971, la gasolina contenía de 2.5 a 3.0 centímetros cúbicos/galón; esta reducción en más de un 50% del aditivo ha disminuído favorablemente la contaminación atmosférica por este elemento.

De lo expuesto en este capítulo se desprende que la contaminación atmosférica ocasionada por los efluentes de los automotores circulantes en nuestra metrópoli, se relacionan directamente a las siguientes condiciones imperantes:

- La topografía del suelo limeño de características especiales por la ausencia casi total de pendientes permite que los vehículos con motores excesivamente gastados y por ende con bajísima eficiencia mecánica puedan transitar por sus calles.

- La renovación de unidades en la Gran Lima siempre ha sido bajísima; muestra de ello es que el año de 1972, de un total aproximadamente de 295,000 unidades circulantes, los vehículos de 1 a 5 años alcanzaron el 24.7%; de 6 a 10 años el 33.6% y mayores de 10 años de uso el 41.7%.

La existencia de automotores de 10, 15 hasta 30 años de uso, cuyos motores por el desgaste presentan baja eficiencia mecánica, lo cual no es obstáculo para que nuestra "mecánica criolla", los mantenga en servicio, contribuyendo al incremento de nuestro "Smog"; como referencia señalaremos que un motor desgastado o mal regulado (13) produce de 4 a 5 veces mayor cantidad de contaminantes que uno en buen estado. Hay que sumar a lo anotado, causas indirectas que originan mayor producción de contaminantes atmosféricos en los vehículos automotores, tanto nuevos como con años de uso, entre las que destacan:

- Falta de educación Vial, en las más elementales reglas de conducción que contribuyen a que

el tránsito se haga más dificultoso y que los niveles de contaminación atmosférica sean mayores.

- Proliferación de vendedores ambulantes que convierten a calles y avenidas en "paraditas" reduciendo en forma considerable las áreas de tránsito vehicular.

- Elevados edificios y calles estrechas especialmente en la "Lima Cuadrada", causantes de los " embotellamientos" y del tránsito lento, dificultando la acción del viento para la rápida disipación de las emanaciones vehiculares.

- Reducido porcentaje de viviendas con garages, motivando que los vehículos sean estacionados en la calle, reduciendo el área normal de la vía.

- La insuficiente dotación policial para dirigir en forma adecuada la fluidez del tránsito vehicular capitalino.

- La falta de un dispositivo legal que delege plenos poderes a las autoridades respectivas, para el cumplimiento de las normas en pro del mejoramiento de nuestra calidad de aire y por ende en salvaguarda de la salud del poblador limeño y la comunidad en general.

4.3 CONDICIONES METEOROLOGICAS EN EL PERIODO ESTUDIADO

La fuente de información de los datos - que se presentan, sobre los aspectos meteorológicos de la ciudad de Lima, ha sido el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENHAMI).

Para el estudio e interpretación de - los parámetros meteorológicos, se ha tomado en consideración el período estudiado que comprende los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre de 1972, practica - mente coincidentes con la estación de primavera. Asi - mismo con fines de comparación se incluyen en la mayo - ría de parámetros considerados, los datos registrados en ese mismo período desde el año 1962.

Los datos que se presentan se han re - gistrado en la Estación del Campo de Marte (Lima), - cuya ubicación geográfica es la siguiente:

LATITUD	=	12° 04'S
LONGITUD	=	77° 03'
ALTURA	=	137 m.s.n.m.

4.3.1. TEMPERATURA

Las temperaturas registradas desde el año 1962 a 1972, para los meses de setiembre, octubre - y noviembre se presentan en la tabla No 4-9, en sus va - lores máximo, mínimo y promedio correspondientes. En las figuras Nos 4-8 y 4-9, se compararán en forma gráfica las temperaturas obtenidas desde los años 1962 hasta 1971 - con los valores encontrados en 1972, para los meses del período estudiado.

TABLA No. 4-9

TEMPERATURA REGISTRADAS EN LA CIUDAD DE LIMA ENTRE

LOS AÑOS 1962 - 1972

Setiembre - Octubre - Noviembre

TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS (°C)						
AÑO	TEMPERATURA	SET	OCT	NOV	P R O M E D I O S	
					Máxima	Mínima
1962	Máxima	17.4	19.8	20.8	19.3	-----
	Mínima	13.5	14.3	15.3		14.3
1963	Máxima	18.3	19.2	20.4	19.3	
	Mínima	14.8	14.8	16.0		15.2
1964	Máxima	17.6	18.2	20.6	18.8	
	Mínima	12.7	13.3	14.9		13.6
1965	Máxima	17.0	18.9	20.9	18.9	
	Mínima	14.1	14.6	16.3		15.0
1966	Máxima	17.7	19.2	20.6	19.2	
	Mínima	13.4	14.5	15.7		14.5
1967	Máxima	16.9	18.4	19.0	18.1	
	Mínima	13.0	13.6	14.9		13.8
1968	Máxima	18.0	18.6	20.0	18.9	
	Mínima	14.0	14.9	15.8		14.9
1969	Máxima	19.3	20.0	21.3	20.2	
	Mínima	14.5	15.5	16.4		15.5
1970	Máxima	17.6	18.9	20.5	19.0	
	Mínima	13.3	14.1	15.5		14.3
1971	Máxima	17.3	18.5	21.2	19.0	
	Mínima	13.1	14.2	16.1		14.5
Temperatura Promedio "normal"					19.1	
Temperatura Promedio "normal"						14.6
1972	Máxima	18.8	19.6	21.8	20.3	
	Mínima	15.3	15.4	17.6		16.1

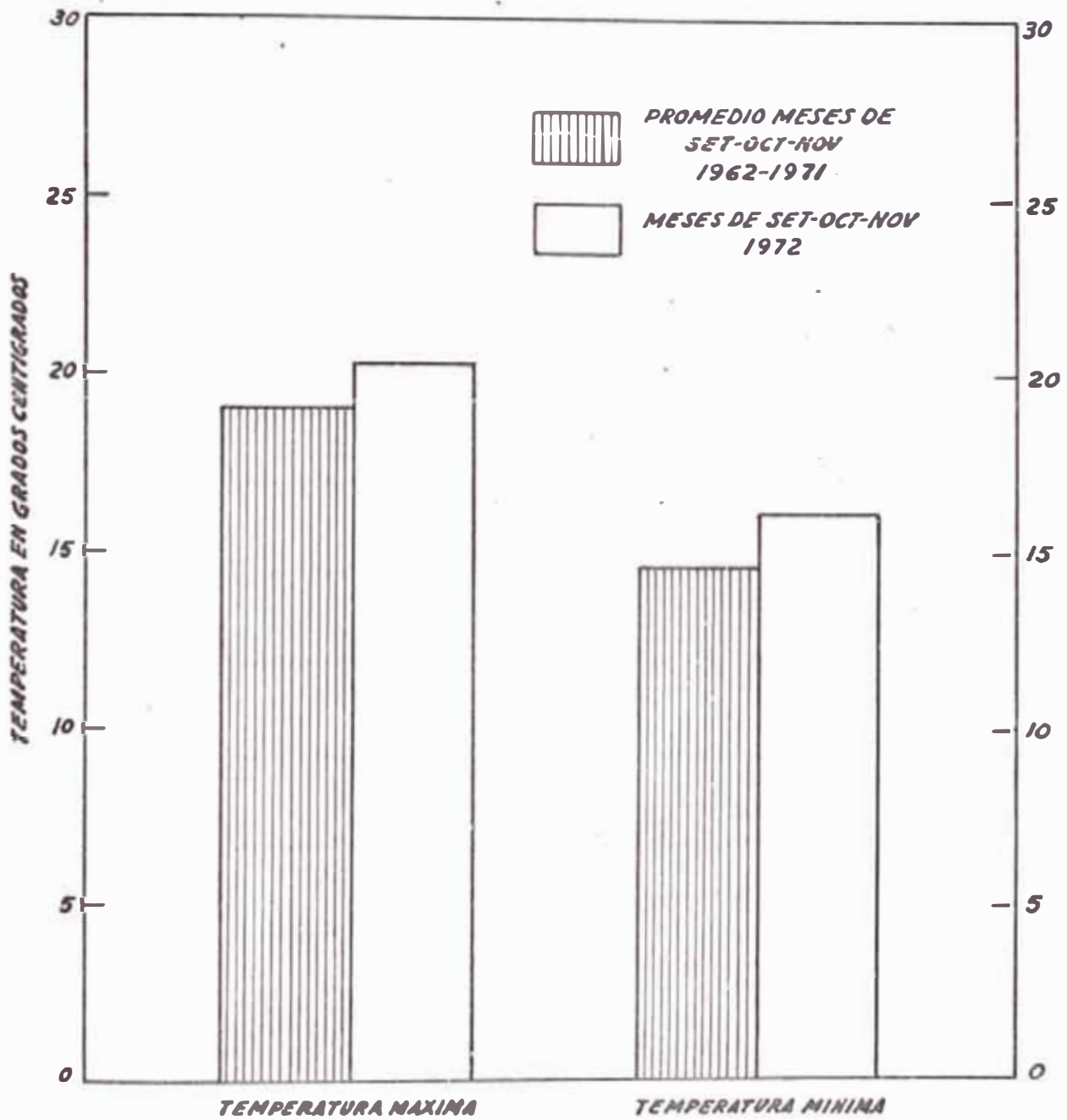


Fig. N°4-8.-COMPARACION DE LAS TEMPERATURAS PROMEDIO MAXIMAS Y MINIMAS EN LA GRAN LIMA, DE LOS AÑOS 1962/1971 CON 1972 (SET-OCT-NOV)

Según se puede apreciar en la tabla No. 4-9, el promedio de la temperatura máxima del período setiembre, octubre y noviembre de 1972, ha sido 20.3°C , ello significa que la temperatura máxima ha sido 1.2°C más alto que lo "normal" (19.1°C) entendiéndose por "normal" el promedio de las temperaturas máximas de los meses de setiembre, octubre y noviembre para el período de 1962 a 1971. Igualmente, se observa una temperatura mínima promedio de 16.1°C , 1.5°C más alto que lo "normal". En forma objetiva se aprecian esta comparación en la fig. 4-8.

Como complemento se muestra en la figura No 4-9, la tendencia de las temperaturas máximas, mínimas y promedio respectivos desde el año 1962 a 1972; notándose que en los años 1969, 1972, se elevan ligeramente las temperaturas máximas y mínimas sobre el rango "normal" para esta estación del año.

4.3.1.1. HUMEDAD

Los valores de la humedad relativa expresados en porcentaje (%) desde 1962 a 1972 para el período de Setiembre, Octubre y Noviembre, se presentan en la tabla No. 4-10.

TABLA No. 4 - 10

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL EN LA CIUDAD DE LIMA
ENTRE LOS AÑOS 1962 - 1972

Setiembre - Octubre - Noviembre

AÑO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	PROMEDIO
1962	94	88	87	90
1963	83	88	86	86
1964	86	87	84	86
1965	91	89	85	88
1966	86	89	85	87
1967	90	87	86	88
1968	88	87	85	87
1969	88	86	87	87
1970	91	90	88	90
1971	90	87	84	87
Húmedad Promedio " normal "				88
1972	89	88	82	86

De la tabla No 4-10, se desprende lo siguiente:

La humedad relativa promedio ó humedad "normal" alcanzó el 88%, para los meses de setiembre, octubre y noviembre, entre los años 1962 a 1971. En cuanto a la humedad relativa promedio para los mismos meses en el año 1972 fué de 86%, valor un 2% menor que lo "normal", coincidiendo con un ligero aumento de temperatura para este mismo año.

4.3.2. VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO

En la tabla No. 4-11, se presentan los - datos acerca del viento, que incluyen dirección predomi nante y velocidad media expresada en nudos, para los me ses de setiembre, octubre y noviembre de 1972.

Se presentan también la tabla No. 4-12, - que compara los datos obtenidos en 1972 con los corres pondientes a los 10 años anteriores.

TABLA No. 4-11

DIRECCION PREDOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA EN LA

CIUDAD DE LIMA EN EL AÑO 1972

Setiembre - Octubre - Noviembre

Dirección Predominante	Setiembre		Octubre		Noviembre		Promedio	
	Frec.	Veloc.	Frec.	Veloc.	Frec.	Veloc.	Frec.	Veloc.
S	0	0.0	11	3.0	0	0.0	11	3.0
SW	16	5.1	15	4.7	6	5.2	37	5.0
SSW	8	5.0	7	4.0	3	6.0	18	5.0
WSW	0	0.0	3	5.3	0	0.0	3	5.3
SSE	4	4.0	1	6.0	1	7.0	6	4.8
NW	1	3.0	1	4.0	0	0.0	2	3.5
WNW	0	0.0	2	3.5	0	0.0	2	3.5
W	1	3.0	0	0.0	0	0.0	1	3.0
C	0	0.0	1	0.0	0	0.0	1	0.0

Frecuencia en días

Velocidad en nudos

En la tabla No. 4-11, se observa que en Lima durante el período de estudio soplaron con mayor frecuencia vientos del SW (37 días) con un promedio de 5 nudos; pero ocurrieron también vientos del SSW (18 días) con un promedio de 5 nudos. Los días de calma fueron casi nulos, lo que demuestra que el poder de dispersión ó dilución de la atmósfera resultaba favorable.

TABLA No. 4-12

DIRECCION PREDOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN
LA CIUDAD DE LIMA ENTRE LOS AÑOS 1962 - 1972
Setiembre - Octubre - Noviembre

AÑO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
1962	SW-3	SW-5	SW-5
1963	SW-5	SSW-6	SW-6
1964	SW-5	SW-5	S-3
1965	SE-4	S-2	S-2
1966	S-3	SE-3	SE-3
1967	SW-3	SW-3	SW-3
1968	SSW-4	SSW-4	SSW-5
1969	SW-4	SSW-5	SSW-6
1970	SW-4	SSW-4	SSW-4
1971	SW-4	SW-5	SSW-6
1972	SW-5	SW-5	SSW-5

Según se aprecia en la tabla No. 4-12, - en el período de 1962 - 1971, para los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre, el viento ha registrado direcciones predominantes de SW y SSW con velocidades medias de 2 a 6 nudos; los valores obtenidos en 1972 nos muestran que los vientos estaban prácticamente entre los valores promedio normales para la ciudad de Lima.

4.3.3 OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

A. LLUVIAS O PRECIPITACIONES

Los datos acerca de las precipitaciones en la ciudad de Lima expresada en milímetros (m.m.) - (Lt/m²), para los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre de 1972 se presentan en la tabla No. 4 - 13. También se incluyen en la figura No. 4 - 10, en donde se muestran las variaciones de las precipitaciones para el período estudiado, de los últimos 11 años.

TABLA No. 4 - 13

PRECIPITACIONES EN LA CIUDAD DE LIMA EN EL AÑO 1972

Setiembre - Octubre - Noviembre

M E S	FRECUENCIA (días)	PRECIPITACIONES EN m.m. Intervalo	
SETIEMBRE	13	0.13	- 0.83
	12	Traza ó vestigio *	
	5	0.0	
	Precipitación total mensual		5.28
OCTUBRE	6	0.15	- 0.45
	15	Traza ó vestigio *	
	10	0.0	
	Precipitación total mensual		1.80
NOVIEMBRE	2	0.12	- 0.21
	4	Traza ó vestigio *	
	24	0.0	
	Precipitación total mensual		0.33

(*) Traza ó vestigio: aquella precipitación que es mayor de 0.0 mm pero menor que 0.1 mm.

En la tabla No 4-13, se observa que en el mes de Setiembre ocurrieron mayores precipitaciones, registrándose 13 días de precipitaciones que fluctuaron entre

0.13 - 0.83 mm y 12 días de vestigios o trazas, alcanzando una precipitación total mensual de 5.28 mm. En Octubre se registraron 6 días de precipitaciones con intervalos entre 0.15 - 0.45 mm, con una precipitación total mensual de 1.80 mm. Para Noviembre se registraron dos días de precipitación de 0.12 - 0.21 mm. y una precipitación total mensual de 0.33 mm.

En la fig. No. 4-10, el gráfico de la variación de precipitaciones de los últimos 11 años (1962 a 1972) dentro del período estudiado, muestra que a excepción de los años 1962, 1963 y 1965, el año 1972 es el que presenta los picos más altos de lluvias. Este hecho ha podido influir favorablemente en el grado de contaminación de la ciudad de Lima por material particulado, por cuanto las partículas han estado más expuestas al barrido de las gotillas de agua.

B.- HORAS DE SOL

En la tabla No 4 - 14, se indican los datos acerca de las horas de sol para el período setiembre - octubre y noviembre de 1972.

TABLA No 4-14

HORAS DE SOL EN LA CIUDAD DE LIMA EN EL AÑO 1972

Setiembre - Octubre - Noviembre

M E S	FRECUENCIA (Días)	Horas y minutos Intervalo
SETIEMBRE	7	30 minutos- 5 horas 12 mint.
	23	0.0
	Promedio	0.5 horas 30 minutos
OCTUERE	12	30 minutos- 5 horas 36 mint.
	19	0.0
	Promedio	1 hora 12 minutos
NOVIEMBRE	5	36 minutos- 7 horas 10 mint.
	25	0.0
	Promedio	1 hora 54 minutos

En la tabla No 4-14, apreciamos que en el mes de Setiembre se observaron 7 días con sol fluctuando entre 30 minutos y 5 horas 12 minutos, con un promedio de horas de sol para este mes de 30 minutos. En Octubre - se observaron 12 días con sol, fluctuando entre 30 minutos y 5 horas 36 minutos; el promedio de horas de sol fué de 1 hora 12 minutos. Para Noviembre de observaron 5 días con sol, fluctuando entre 36 minutos y 7 horas 10 minutos; el promedio de horas de sol para el mes fue de 1 hora 54 minutos, mostrando ser el mes de mayor actividad solar -

en el período estudiado.

De los datos presentados se establece - que los días con sol dentro del período de setiembre, - octubre y noviembre del año 1972, fue alrededor del - 30%, lo cual indica que han habido pocos días de actividad fotoquímica.

C.- ALTURA DE LA BASE DE INVERSION

De acuerdo a los datos proporcionados - por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - (SENHAMI), las alturas de la base de inversión son:

<u>PERIODO</u>	<u>ALTURA MEDIA-METROS</u>
Set-Oct-Nov. 1972	740 m.
Set-Oct-Nov. 1962-1971	690 m.

Estos valores nos indican que para el - período de 1972 el "espacio de difusión" ha sido 50 me - tros más alto que el promedio de los 10 últimos años, - esta mayor altura, probablemente ha influido en la di - sipación de contaminantes de la atmósfera capitalina.

4.3.4. CORRELACIONES

Si bien los datos proporcionados ante - riormente no permiten establecer una correlación estre - cha entre los parámetros meteorológicos mostrados y -

los hallazgos de la contaminación atmosférica de la ciudad de Lima, es posible darle cierta interpretación a los factores determinantes discutidos. Así al establecer que en el período estudiado el registro de una temperatura promedio mayor que la obtenida en 10 años, ha influido en la elevación del techo de inversión, se ha favorecido la acción de los vientos en la disipación de los contaminantes aéreos; de otra parte un mayor número de días con precipitación ha sido de un efecto favorable para el barrido del aire contaminado; asimismo el menor registro de horas de sol de este período, habrá disminuido la acción fotoquímica de los rayos solares sobre los contaminantes primarios.

De lo expuesto se desprende la necesidad de realizar en lo futuro estudios de contaminación del aire, conjuntamente con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENHAMI), quienes cuentan con las facilidades, para conocer mejor nuestro micro clima; esta acción aportaría datos valiosos para los estudios de la zonificación de la Gran Lima, toda vez que tomará en consideración el conocimiento del grado de contaminación atmosférica, y su relación directa con el aspecto meteorológico de la ciudad.

5.- POSIBLES EFECTOS

5.1. EN LA SALUD

"Salud es el principal componente del bienestar y constituye elemento indispensable en el desarrollo de los hombre y el progreso de los pueblos" (33).

De esta definición se comprende fácilmente el porque, de la participación de 120 países en la "PRIMERA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL MEDIO HUMANO", realizada en Estocolmo-Suecia en Junio de 1972, y en cuyo temario los problemas de la contaminación atmosférica y su posible solución, fueron expuestos en sus agendas como asunto de máxima importancia.

La tarea es bastante difícil, máxime si se trata de demostrar los posibles efectos existentes entre los niveles de contaminación atmosférica de una ciudad y sus efectos en la salud de las personas, situación compleja debido a que existen otros factores y no pueden ser dejados de lado c tegóricamente, como son principalmente (34), el hábito de fumar, las infecciones y l s alergias. Así el rol importante de la contaminación del aire ocasionada por l s emisiones vehicul res ha motivado investigaciones, las que han-

proporcionando evidencias sobre los efectos adversos en los seres humanos y otros sistemas biológicos.

Es importante señalar que en Lima, se han realizado algunos estudios preliminares acerca de los posibles efectos sobre nuestra población, ocasionada por la contaminación del aire (34), mas aún no se han efectuado estudios específicos relacionados a las emisiones vehiculares. Por ello me permito sugerir, según mis propias observaciones, que los profesionales médicos que laboran en el Instituto de Salud Ocupacional, quienes por su formación, se encuentran capacitados para realizar estos estudios, podrían llevarlos a cabo de manera similar a como lo realizan en Inglaterra, los Estados Unidos y otros países; donde los médicos, cumplen una doble función alternando la labor en sus Instituciones con visitas a Centros Hospitalarios determinados, permitiendo de esta manera ir correlacionando los posibles efectos en la salud de las personas, con la contaminación aérea; sentando en forma gradual las bases para un futuro promisorio.

De esta manera a la luz de las investigaciones realizadas hasta el momento, presentaré los efectos producidos por algunos contaminantes del aire que son emitidos con los gases de escape y que la Literatura Médica los señala como contaminantes de riesgo para la salud:

I.- MONOXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono es un gas no irritante e inodoro, es tóxico principalmente en razón de su afinidad para combinarse con la hemoglobina, la que se estima (35) en 200 a 250 veces superior a la afinidad del oxígeno por la hemoglobina. De esta forma al reducir la cantidad de hemoglobina para llevar oxígeno a los tejidos, el monóxido de carbono produce síntomas de anoxia, además reduce la cantidad de oxígeno debido a la presencia de la carboxihemoglobina (COHb)- en la sangre e inhibe la disociación de la molécula de la oxihemoglobina.

En términos de saturación de la sangre se estima que aproximadamente un 66% (7) de COHb es un índice letal, la muerte ocurre cuando las 2/3 parte de hemoglobina están saturadas. Se considera usualmente un 10% de COHb, un nivel que afecta significativamente la conducción de oxígeno y que equivale a 240 ppm, durante una hora de concentración.

Basado en estos estudios la AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION (EE.UU.) en 1969, calcu ló que un 3% de COHb en la sangre, correspondía a un 20 ppm en 8 horas y 70 ppm en una hora de exposición, con siderándose como nivel serio de contaminación y a la -

vez su patrón de calidad de aire.

De esto se desprende que algunos investigadores establecen (7) que los niveles moderados - de COHb pueden reducir la capacidad del esfuerzo físico aún en la ausencia de síntomas, así, tenemos las concentraciones de monóxido de carbono pueden producir:

- 400 ppm - dolor de cabeza, náuseas, debilidad, ver
tigos.
- 600 ppm - taquicardia con peligro de colapso
- 800 ppm - desmayos
- 1000 ppm - estado de coma, convulsiones y la muer
te.

También HENDERSON (23) llega a establecer el efecto fisiológico del tiempo medido en horas, multiplicado por la concentración del monóxido de carbono en el aire por parte por millón (ppm) y que pueden considerarse una constante para cada grado de efecto fisiológico, así tenemos:

- Tiempo x Concentración = 300, efecto no perceptible
- Tiempo x Concentración = 600, efecto perceptible
preciso
- Tiempo x Concentración = 900, dolor de cabeza y -
náuseas
- Tiempo x Concentración = 1500, peligro

De otra parte en el monóxido de carbo-

no, las manifestaciones principales de sus efectos (7) se presentan como alteraciones en la visión donde la sensibilidad visual para diferenciar la intensidad lumínica puede sufrir daño; afectan al sistema nervioso, auditivo y el cerebro, lo que acarrearía en casos extremos la pérdida del juicio y cambios en la personalidad (tales como efectos sobre aprender, recordar, la reducción del sentido crítico propio, etc.)

Finalmente las investigaciones de Henderson y Haggar (36) enuncian que el monóxido de carbono puede causar una intoxicación aguda, consecutiva a la exposición de concentraciones elevadas, pero no una intoxicación crónica por exposición prolongada a concentraciones relativamente bajas, (hecho que es negado por otros estudiosos) principalmente en personas que viven en grandes ciudades motorizadas y que particularmente están predispuestas debido a enfermedades como la anemia (deficiencia en el transporte del oxígeno) (8), cardiopulmonares o tengan el hábito de fumar, así como también policías de tránsito en ciudades de calles estrechas de poca ventilación y gran densidad vehicular.

2.- HIDROCARBUROS

Durante las dos últimas décadas, se ha informado en muchos países de un aumento progresivo del -

porcentaje de muertes por cáncer pulmonar, registrándose valores (37) de 15 a 20 veces más en áreas urbanas que en las rurales, esta diferencia puede ser explicada en parte por el hábito de fumar y en razón a que el benzopireno es el cancerígeno común al humo del cigarrillo y del aire contaminado.

Como bien se sabe los hidrocarburos aromáticos polinucleares y alifáticos están entre los componentes de las emisiones de los automotores y que según investigaciones realizadas (36) tienen elementos cancerígenos como el benzopireno, antraceno, dibenzo antraceno, dibenzo pireno, criseno, etc, y entre ellos destaca nitidamente el 3-4 benzopireno como el único cancerígeno potente que se conoce en cantidades relativamente grandes, utilizándose como patrón para medir la actividad cancerígena de otros agentes químicos encontrados en la atmósfera de nuestras poblaciones.

Afortunadamente las sustancias cancerígenas no son muy estables y son destruidas con mayor o menor rapidez por el aire y la radiación solar, pero no dejan de ser peligrosos el tiempo que permanecen íntegras en el aire.

Es necesario dejar constancia que el aparato respiratorio concretamente el pulmón, no es la única parte del organismo de donde puede desarrollarse

cáncer, sino también según COPP y HAMILTON (38) de que los agentes cancerígenos depositados en la superficie del cuerpo, pueden ser transportados a la sangre y ejercer sus efectos en tejidos de otras partes del organismo; aunque es menos admitida esta hipótesis.

El problema que afrontamos es serio y existen datos que certifican la influencia que la contaminación atmosférica ejerce sobre la salud humana, un ejemplo de ello lo tenemos en los EE.UU., (37) donde un período en el cual las muertes por cáncer pulmonar disminuyeron considerablemente (alrededor del 35%) fue entre los años 1940 a 1945, período virtualmente paralelo a la disminución de gasolina por la segunda Guerra Mundial.

En realidad los índices de morbomortalidad por cáncer pulmonar en las grandes metrópolis, ocasionada posiblemente por sustancias cancerígenas, se encuentra en una etapa de ardua investigación, que incluyen innumerables pruebas en los laboratorios que permitan explicar los efectos de estos contaminantes aéreos en el hombre.

3.- OXIDOS DE NITROGENO

Cuando se habla de toxicidad de los óxidos de nitrógeno, específicamente debida por automó

tores, generalmente dos de ellos son tenidos en cuenta; el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Así el óxido de nítrico (37) cuya vía de ingreso es la inhalación no presenta efectos apreciables en las bajas concentraciones que se halla en el aire. A niveles elevados no tienen ningún efecto local y como efecto generalizado produce acción anésteica leve.

Tiene importancia como contaminante porque es un tóxico potencial por transformarse rápidamente y con facilidad a dióxido de nitrógeno.

También en el dióxido de nitrógeno (37), la vía de ingreso es por inhalación, localmente es un fuerte irritante de los ojos y membrana mucosa, la exposición prolongada a bajos niveles suele producir una mancha amarillenta-café en dientes y piel.

En cuanto a los efectos generalizados, la exposición a altas concentraciones puede producir tos y dolores torácicos. Cuando se inhalan concentraciones más bajas puede haber sólo síntomas suaves de irritación bronquial, en caso de exposiciones agudas, produce edema pulmonar y si se sobrevive suelen quedar secuelas (enfisema).

Aclaramos que son escasos los conocimientos sobre toxicidad de este compuesto debido a experien

cias realizadas en seres humanos, en general se ha obtenido por estudios de accidentes ocupacionales, se cita por ejemplo (7), uno ocurrido en el Japón a 5 operarios que sufrieron una exposición de 10 minutos a una concentración de 5 ppm. Se comprobó una disminución del 92% de la capacidad de inhalación. El síntoma se produjo a los 30 minutos del final de la exposición.

En cuanto a efectos sobre animales de laboratorios es muy interesante el realizado por Freeman y colaboradores sobre ratas, estas fueron sometidas desde su nacimiento hasta su muerte de 0.8 ppm a 2 ppm. Al ser examinadas sistemáticamente las distintas colonias sometidas a su vez a diversas concentraciones presentaron en todos los casos y sin variaciones apreciables, cambios patológicos en el epitelio bronquial pérdida de la actividad ciliar y reducción en la actividad celular.

Es necesario aclarar que al efecto tóxico de los óxidos de nitrógeno (45) se suma por reaccionar (térmica o fotoquímicamente) con otros compuestos presentes en la atmósfera tales como el oxígeno (O_2), ozono (O_3), sustancias orgánicas, etc., y dan origen a los peroxiacetilnitratos (PAN) y son fuente continua en las reacciones fotoquímicas que posteriormente dan lugar a la formación del "Smog" fotoquímico.

4.- DIOXIDO DE AZUFRE

Se ha comprobado que en concentraciones bastante reducidas como las que se encuentran con frecuencia en el aire, la inhalación del dióxido de azufre, tanto en los animales de laboratorio como en los seres humanos (40) tienen efecto irritativo sobre las mucosas especialmente sobre los músculos lisos provocando espasmo; concentraciones algo más elevadas se traducen en un aumento de la producción de mucosidades en las paredes de las vías respiratorias superiores, y concentraciones aún más altas causan graves inflamaciones en la mucosa, bronquitis, neumonitis, edema pulmonar y hasta la muerte.

Se estima también, que a partir de una concentración de 20 ppm de dióxido de azufre se produce irritación e inflamación conjuntival.

Asimismo estudios realizados en Inglaterra y los Estados Unidos (46) demostraron que la bronquitis crónica no se debía únicamente al hábito de fumar, sino también a la contaminación del aire referida al dióxido de azufre y partículas en suspensión.

Los estudios de la exposición crónica del SO_2 en seres humanos (37) no ha indicado un daño -

apreciable para la salud. Se ha informado de nasofaringitis, fatiga, alteraciones de los sentidos del gusto y del olfato y como resultados de muy bajas exposiciones continuadas, disnea de esfuerzo.

Es preciso destacar que el efecto del dióxido de azufre es más dañino (7) cuando se oxida en el aire y se convierte en trióxido de azufre (SO_3) para que en presencia de vapor de agua o humedad alta forme el ácido sulfúrico, aerosoles de cualidades irritantes muy fuertes que afectan sobremanera a pacientes que sufren procesos de asma bronquial y trastornos respiratorios crónicos.

5.- PLOMO

La creciente contaminación por plomo aparentemente en todo el mundo, trae a colación el posible riesgo de intoxicación por este contaminante procedente de la combustión del compuesto de plomo tetraetílico que se adiciona como antidetonante a la gasolina. Los estudios de Cholak, Shafer y Hoffer (3) sobre la contaminación por compuestos de plomo indican que: "La cantidad presente en la atmósfera de la ciudad es mínima y no tiene importancia clínica, sobretudo en comparación con las cantidades que el hombre ingiere en los alimentos y el agua".

Sin embargo un estudio realizado en Filadelfia, EE.UU. en 1960 (7) por la División de Conta

minación Atmosférica, demostró que el contenido de plomo en la sangre era más bajo en aquellas personas que trabajaban y vivían en las afueras de la ciudad, más alto en personas que trabajan y vivían en la zona céntrica de Filadelfia, y finalmente el más alto nivel en policías y paratrulleros. Los niveles observados fueron influenciados por los hábitos de fumar de las personas; en el fumador de cigarrillo, se observó que tenía niveles más altos que los del no fumador. Al respecto es importante citar el trabajo del Doctor Guillermo del Carpio (47) quien al realizar sus investigaciones sobre nuestra propia realidad, encontró que los niveles de plomo en la sangre, en el ambiente urbano de Lima variaba en promedio de 7 a 18 milésimas de gramos/100 de sangre total; mientras que para el ambiente rural o semi rural (Ciudad de Huancayo) encontró promedios de 3 y 12 milésimas de gramo/100 gramos de sangre total. Estos hallazgos corroboran el estudio realizado por la División de Contaminación Atmosférica de Filadelfia.

Ninguna de las concentraciones de plomo observada en la sangre de habitantes de zonas urbanas ha llegado a un nivel correspondiente a casos clínicos de envenenamiento de plomo (plumbismo); sin embargo hay que destacar que una vez que el plomo es absorbido a través del aparato respiratorio, entra en la corriente sanguí-

nea que lo lleva a los tejidos, siendo su destino final, el hígado, bazo, pulmones, cerebro, músculos y sistema óseo produciendo cambios sutiles en las funciones metabólicas. Asi también hay pruebas (48) que indican que aún a niveles bajos pueden ocurrir perturbaciones de funciones enzimáticas que son de vital importancia en la formación de glóbulos rojos.

Dentro de sus posibles efectos (3) parece que existe un efecto acumulativo que a través de años de exposición continúa puede llegar a producir cambios en las funciones esenciales del organismo.

Finalmente es interesante relievare un hecho histórico acerca de la toxicología por plomo y es que se ha demostrado (49) que una de las principales causas de la caída del Imperio Romano, fue la intoxicación por plomo que sufrían la aristocracia romana; ellos preparaban sus comidas diarias en vasijas de plomo, además de los jugos de frutas, el jugo de uvas para elaborar el vino, se guardaba en depósitos de plomo.

6.- ALDEHIDOS

Entre las emisiones vehiculares, destacan las de los motores diesel que aparte de contaminantes particulados y gaseosos, emiten compuestos irritan-

tes y malolientes clasificados en el grupo químico de aldehidos.

Así entre ellos, destacan el formaldehido, la acroleína y el cromatoaldehido, compuestos que producen irritación primaria de la piel, enérgica irritación a los ojos y membranas mucosas del tracto respiratorio superior y en algunos casos náuseas.

Esto nos indica que la naturaleza extremadamente irritante de los aldehidos proporciona la suficiente advertencia para prevenir efectos graves sobre la salud.

7.- MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSION

Entre las emisiones de material particulado en suspensión en el aire, provenientes de los vehículos, se encuentran partículas carbonosas, hollín, combustibles pulverizados, óxidos metálicos de plomo, zinc y otros aerosoles. Siendo las partículas más grandes de 5 a 6 micras de diámetro, son inhaladas por la nariz cuya respuesta es la reacción lacrimonasal traducida en lagrimeo, catarro nasal, y estornudo; aquellas que tienen de 1 a 5 micras de diámetro son depositadas en el tracto respiratorio medio y las que tienen 1 micra o menos llegan a los alveolos pulmonares causando -

procesos broncopulmonares de variada significación clínica (7) tal como bronquitis, bronconeumonía y otras afecciones.

Aparte de ellos (49) los seres humanos cuyos pulmones se ven expuestos frecuentemente al asbesto que se desprenden de las fajas de los frenos de los automóviles tienen una frecuencia de cáncer muy superior a lo normal.

8.- OZONO

El ozono aunque no es contaminante característico emitido por los vehículos automotores, es un contaminante secundario importante, ya que indica la presencia del "Smog" fotoquímico en la atmósfera.

La vía de ingreso es la inhalación del gas. Presenta como efectos locales irritación a los ojos y membrana mucosa del tracto respiratorio superior.

La exposición leve da lugar a un efecto irritante; las exposiciones severas pueden producir edema pulmonar. Exposiciones intermedias además del efecto irritante pueden producir cefaleas, malestar general, dificultad respiratoria y somnolencia.

Existen varios estudios sobre los efec -

tos del O_3 en animales de laboratorio. En conejos expuestos durante un año de 1 ppm (STOKINGER y Colaboradores) se produjeron bronquitis, enfisemas y cambios fibróticos (nítido engrosamiento fibrótico en la pared de los bronquiolos. Se estima además (50) que la acción del ozono es acumulativa aún a exposición de niveles bajos a exposiciones prolongadas y que una concentración de 4.5 ppm de ozono es suficiente para iniciar cambios inflamatorios en animales de laboratorio. Sin embargo, hasta ahora no está totalmente esclarecida la posible correlación entre los cambios histológicos producidos en los animales de experimentación y los que producirían en el hombre.

5.2 EN LA VEGETACION

El daño en la vegetación es otro de los problemas que urgentemente necesitan solución. Metrópolis como Nueva York, Londres, Ciudad de México y otras, se han abocado al estudio de los posibles efectos de las emanaciones vehiculares hacia las áreas verdes que integran sus ciudades; puesto que estas representan fuentes de generación de oxígeno tan necesario para su normal funcionamiento.

En lo que respecta a nuestra ciudad capital, ella recibe diariamente toneladas de contaminantes

atmosféricos, tanto por su actividad industrial, así como de sus 295,000 vehículos automotores que circulan por sus calles, contaminantes que están dañando paulatinamente las áreas verdes, verdaderos pulmones de la ciudad. Es entonces de imperiosa necesidad pública, de que Lima con una planificación adecuada vuelva a ser la ciudad Jardín, que tanta fama le dió en el pasado en esta parte de la Costa del Pacífico.

Los estudios de los posibles efectos de las emisiones vehiculares en la vegetación, no se han realizado hasta el momento en la ciudad de Lima por tanto la literatura acerca de este tópicó es de otras ciudades que tienen problemas similares.

Según estudios realizados ^{los} /efectos de la contaminación en las plantas pueden manifestarse comúnmente de tres maneras: (51)

- COLAPSO: Pierde fuerza el tejido de la hoja
- CLOROSIS: Cambios de su coloración.
- ALTERACIONES FISIOLÓGICAS (Respiración-fotosíntesis: Su concurrencia es retardo en crecimiento y rendimiento en la producción.

Estos daños se hacen más notorios en plantas en pleno crecimiento o donde el área foliar sea grande. De acuerdo a las últimas investigaciones los mayores

efectos sobre la vegetación provienen de contaminantes gaseosos; comparativamente se atribuye menor efecto a contaminantes particulados.

Aparte del dióxido de azufre de mayor incidencia, se destaca el ozono, vapores de gasolina, óxidos de nitrógeno, peroxiacetilnitratos (PAN), aldehidos superiores y compuestos complejos no identificados. Para cada una de estas sustancias las plantas muestran un daño característico.

Señalamos a continuación en forma breve algunos efectos de ciertos contaminantes fitotóxicos:

- DIOXIDO DE AZUFRE

Contaminante gaseoso más estudiado. Este gas es absorbido por las hojas a través de las estomas y su toxicidad se deriva principalmente de sus propiedades reductoras. El área dañada se vuelve necrótica pero el tejido adyacente se recupera y se renueva.

En concentraciones relativamente altas se produce daño agudo debido al cual el tejido entre nervaduras se colapsa secándose y sufriendo decoloración.

Dentro de la sensibilidad relativa, de plantas al gas sulfuroso es la alfalfa la más sensible y

se toma como unidad para comparar la sensibilidad de -
otras plantas.

- OZONO

Gas presente en atmosferas normales, su
concentración aumenta principalmente conforme se eleva
la contaminación urbana (tráfico vehicular). Sus efecu
tos se observan en el colapso de las hojas; se ha recou
nocido daño en la vid, alfalfa, pasto entre las más senu
sibles; se ha encontrado daños debido al efecto del ozou
no en ciudades como Londres, Paris, Sao Pablo y en alguu
nas ciudades norteamericanas.

- CONTAMINANTES FOTOQUIMICOS

Forman parte del temible "Smog", algunos
de los oxidantes tales como los óxidos de Nitrógeno y -
el Ozono han sido reconocidos, mientras otros causantes
de daño no han sido bién diferenciados; los efectos prou
ducidos por estos son diferentes a los provocados por -
otras contuaminaciones comunes, se caracterizan por que en
un comienzo presentan un aspecto grasoso en la cara inu
ferior de la s hojas, luego uno plateado aspecto vidriau
do o bronceado generalmente seguido de deshidratación -
progresivu de los tejidos foliaures que terminan secando
las hojuas. A menudo la cara superior de las hojas pre -

sentan manchas marrones, si la exposición continúa, toda la hoja se ve afectada desprendiéndose de la planta.

Otro Oxidante conocido es el peroxiacetilnitrato (PAN), resultante de la reacción de los hidrocarburos, con los óxidos de nitrógeno en la presencia de la luz solar; estudiándose sus efectos sobre las plantas herbáceas principalmente.

Es preciso tener en consideración que sobre la calidad del daño en las plantas, que los contaminantes aéreos puedan producir, el estudio más documentado (3) es la investigación sobre daños en los tejidos.

La información sobre la productividad, cambios físico químicos en la células de las plantas, así como la interferencia de las enzimas de tales organismos es muy limitada.

Aún más la información sobre tales efectos se verá complicada por los parámetros meteorológicos de luz, humedad, temperatura y las variables del terreno, así como la sensibilidad de la vegetación hacia los contaminantes atmosféricos.

Aunque expresar en términos de dinero las pérdidas económicas ocasionadas por los posibles

efectos de la contaminación atmosférica en la vegetación es muy difícil. Señalaremos como referencia que en los Estados Unidos (52) se ha estimado que las pérdidas económicas en la agricultura (daños, inhibición de crecimientos, cambios de calidad), excede los 395 millones de dolares anualmente.

5.3 EN LA PROPIEDAD

El daño en la propiedad, es uno de los efectos importantes que la contaminación atmosférica ocasiona a la economía de una ciudad, una región o de un país. El establecer los daños económicos, es tarea muy difícil y casi imposible en algunos casos, no obstante ser notorio el efecto de los contaminantes aéreos.

Solamente algunos países como los Estados Unidos, Inglaterra, Francia y otros; se han permitido dar ciertas cifras muy relativas por cierto, acerca de los daños materiales causados por la contaminación del aire, considerándose que un 60% (3) es ocasionado casi exclusivamente por la industria automotriz.

En lo que respecta a América Latina y en especial el Perú, no se ha realizado hasta la fecha un estudio acerca de la repercusión económica de su contaminación atmosférica y es lógico debido a que en nuestra

patria todavía no se ha realizado un estudio exhaustivo del problema y sus efectos, esperándose que en un futuro no muy lejano, podamos contar con los elementos de juicio indispensables para realizar nuestras propias evaluaciones, de los daños causados por nuestro "Smog".

Refiriéndose a los daños ocasionados por los vehículos motorizados, la literatura especializada - considera que los mecanismos de acción de los contaminantes atmosféricos sobre los materiales dependen de la naturaleza de los contaminantes y del material, y se puede agrupar de la forma siguiente: (51)

- a.- Abrasión : por partículas sólidas
- b.- Deposición: de material particulado sólido o líquido
- c.- Ataque químico y corrosión: por gases o líquidos a veces en presencia de partículas sólidas.

Los efectos se manifiestan de la siguiente manera:

Por la abrasión; daño en la pintura de edificios muebles y vehículos de transporte, favoreciendo el ataque químico de los componentes del recubrimiento protector, motivando su decoloración y a veces su desprendimiento; asimismo deterioros en las llantas de los automóviles y agrietamiento en los materiales de caucho tanto natural como sintético; efecto que se intensifica

por la acción de los oxidantes fotoquímicos, particularmente del Ozono.

Los efectos por deposición depende de la naturaleza de las partículas, así, el material particulado sedimentable proveniente de los vehículos automotores, se deposita rápidamente de preferencia sobre las superficies horizontales (calles, parques, techos, vehículos), motivando su ensuciamiento y dando un aspecto desagradable, gravándose en mayores gastos de limpieza y lavado. En cuanto a las partículas en suspensión ellas son más dañinas debido a que por facilidad para transportarse, pueden penetrar en las viviendas fijándose en cortinas, alfombras, muebles, etc., obligando a un mayor desembolso por concepto de limpieza; este problema es notorio en las zonas centrico-comerciales de la ciudad de Lima, afectando a tiendas de cosméticos, comestibles, ropa, oficinas, películas fotográficas, así como hospitales, hoteles y otros.

El ataque químico se manifiesta sobre los tejidos, artículos de cuero, papel, tintes; causando la destrucción de estos materiales, incrementando los gastos de limpieza y renovación de estos artículos. La corrosión a su vez acelera el deterioro de materiales metálicos, componentes estructurales, joyas arquitectóni -

cas, piedras, máquinas, etc., siendo el dióxido de azufre (SO_2) uno de los principales contaminantes corrosivos. Debido principalmente al SO_2 (48) el acero se corroe en Estocolmo (Suecia), cuatro veces más que en el campo y el Obelisco de Cleopatra en Londres se ha deteriorado más en los últimos 90 años que en los anteriores 2,300 años de residencia en Egipto.

A estos efectos señalados se suma uno de los efectos físicos más importantes de la contaminación atmosférica, que está referido a la reducción de la visibilidad originada por una mezcla de partículas en suspensión, aerosoles ácidos, humo, y complejos producidos de las reacciones fotoquímicas. La disminución de la visibilidad constituye un riesgo en el transporte (aéreo y terrestre), pudiendo ser causa frecuente de accidentes, retrasos en la duración del viaje y obligando al mayor consumo de alumbrado en las ciudades, con el gasto extraordinario en energía eléctrica.

A parte de los efectos indicados, otros no menos importantes como los cambios locales del microclima y los impactos negativos en las actividades recreacionales, estéticas y psicológicas, contribuyen a agravar más la economía del ciudadano.

Dar cifras en términos de dinero es un asunto muy complejo; sin embargo me permito citar algunas cifras para dar una idea del impacto económico de la contaminación del aire (52). Se estima que en los Estados Unidos, las pérdidas materiales alcanzan a dieciséis mil millones de dólares por año y recientemente la "Environmental Protection Agency" (53) de ese país ha calculado que en 1977 se llegará aproximadamente a US\$ 25,000*000,000. Asimismo estimaciones hechas en Inglaterra las calculan en cerca de mil millones de dólares anuales.

En nuestro país como es de suponer a través de lo expuesto, los efectos sobre los materiales debido a nuestra moderada contaminación atmosférica ocasionada por las emanaciones vehiculares, son notorias en diversos aspectos; traduciéndose en depreciaciones de la propiedad en general y afectando la economía tanto del individuo como el de nuestra propia ciudad, desconociéndose en la actualidad en términos de soles este impacto económico.

6. MEDIDAS DE CONTROL APLICADAS

Según se ha determinado, la ciudad de Lima en sus zonas comerciales presenta un problema de contaminación aérea ocasionado por su parque automotriz. Esta situación nos indica que es necesario tomar las medidas de control pertinentes para el buen resguardo de nuestra ciudad capital, por cuanto la contaminación atmosférica muestra la tendencia de extenderse hacia otras zonas de la ciudad.

En el desarrollo del presente capítulo se tratan los principales métodos de control, que actualmente aplica la tecnología moderna para enfrentarse a este problema propio de las grandes urbes, verificando su aplicación en la ciudad de Lima, para conocer nuestra propia realidad; este análisis, permitirá recomendar la aplicación de las medidas de control adecuadas a nuestro medio capitalino.

6.1. EL CONTROL EN LOS AUTOMOTORES

Se estima que los vehículos automotores a gasolina, representan el 90% (13) del total de vehículos automotores circulantes en la Gran Lima y, el 10% restantes los automotores diesel; en este sentido las medidas de control que se indican a continuación están referidos principalmente a los automotores que funcionan a gasolina.

6.1.1. Control de emisión en automotores a gasolina

Los vehículos automotores que emplean como combustible la gasolina presentan 3 fuentes de contaminación que en orden de importancia son: A) el tubo de escape, B) la zona del cigueñal y C) las pérdidas por el tanque de combustible y el carburador; para los efectos de este estudio y debido a su importancia, se presentan los métodos de control para reducir la contaminación producida de las dos primeras fuentes.

A) Control de los gases por el tubo de escape: (54)

Se han propuesto varios procedimientos, destacándose entre ellos: a) dispositivos para tratar los gases emitidos, b) dispositivos que modifican las condiciones de operación del motor, c) modificaciones de la composición del combustible.

a) Dispositivos para tratar los gases emitidos.- Se han ensayado diversos sistemas, entre los que se cuentan:

- Requemadores de llama directa
- Convertidores catalíticos
- Absorbentes
- Filtros
- Condensadores

Los dos primeros según estudios realizados en entidades científicas internacionales, son los -

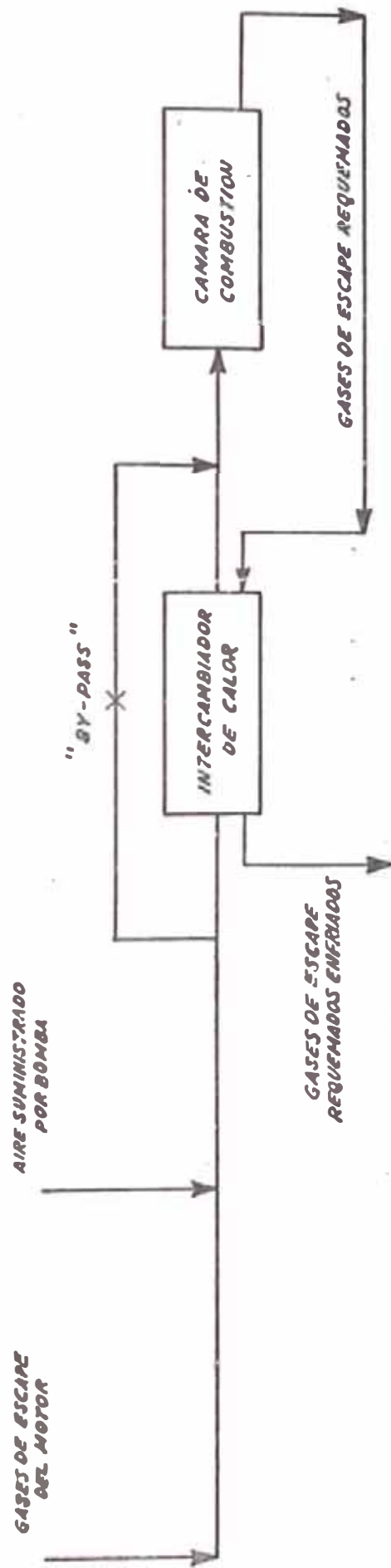


Fig. N: 6-1.- PRINCIPIO DE OPERACION DE REQUEMADORES DE LLAMA DIRECTA

que registran mayor eficiencia. Estos dispositivos podrían ser aplicados a nuestro medio.

Los quemadores de llama directa, son dispositivos cuyo principio de operación se basa en la combustión u oxidación total de los contaminantes; trabajan a una temperatura de 700° a 800° ϕ con suministro de aire y en ciertos casos con gastos de combustible; disponen de un intercambiador de calor para controlar la excesiva temperatura desarrollada. En la fig. No.6-1, se explica en el diagrama el principio de operación de estos quemadores. El costo de estos dispositivos (3)- fluctúa entre 200 a 300 dólares.

Los convertidores catalíticos tienen el mismo principio de operación de los quemadores, pero con la ventaja de mantener estable la llama oxidante y una menor temperatura de ignición, no requiriendo de intercambiadores de calor, ni suministro extra de combustible; presentan el inconveniente de que la acción de la sustancia catalítica decrece con el uso, sobre todo cuando el plomo está presente en los gases de escape; su costo en el mercado americano alcanza aproximadamente 250 dólares.

b) Dispositivos que modifican las condiciones de operación del motor.- En los Estados Unidos de Norteamérica, que es uno de los países, que tie-

ne vigencia el control de la contaminación del aire derivada de los automotores, se han diseñado y experimentado sistemas de control incorporados al vehículo desde su fabricación. Entre los más importantes se encuentra el sistema desarrollado por la Ford Motor Company, denominado "Ford Thermactor Exhaust Emission Control System", que ha sido diseñado como uno de los sistemas prácticos para reducir la emisión de los principales contaminantes. Los dispositivos producen una combustión más completa en todas las condiciones de funcionamiento del motor, la cual es posible por la inyección adicional de aire, que suministra el oxígeno necesario a los gases de escape calientes, quemándose al máximo los hidrocarburos y el monóxido de carbono a medida que la mezcla fluye a través del escape. En este sistema se usa el motor convencional con modificaciones según expresan los fabricantes; este sistema a más de ser eficiente tiene como ventajas que no afecta significativamente el costo de mantenimiento ni el rendimiento del vehículo.

Parece que sería aplicable, salvo costo elevado aún cuando este sistema es considerado como eficiente, en el Perú se torna difícil su aplicación, debido a que el sistema, usa un motor convencional con modificaciones sustanciales y, por ende acarrearía serias repercusiones económicas en la industria automotriz peruana.

c) Modificación de la composición del combustible.- La cantidad y naturaleza de los contaminantes atmosféricos dependen de varios factores, principalmente, la composición de los combustibles, a este respecto, la tecnología moderna está ensayando en la actualidad varias formas de solución, referidas a la modificación de la composición o al cambio de combustible.

La modificación en la composición de la gasolina, cuya característica principal es el poder antidetonante que está indicado por el "número de octanos", incluye la adición de pequeñas cantidades de sustancias antidetonantes, siendo una de las más usadas el plomo tetraetílico, cuya adición a la gasolina se está generalizando en la mayoría de los países. En algunos, como ocurre en los Estados Unidos de Norteamérica de acuerdo a los niveles de concentración del plomo en las zonas urbanas, se disminuye su adición, más no se piensa eliminarlo completamente hasta que no se halle una evidencia más definida de la que existe en la actualidad, sobre los efectos en la salud humana en las zonas urbanas.

En el Perú de acuerdo a la calidad de la gasolina se disminuye o aumenta la cantidad de plomo tetraetílico.

En relación al reemplazo de la gasolina por un nuevo combustible, las investigaciones realizadas en los Estados Unidos, han dado como resultado un nuevo combustible llamado: "liquefied petroleum gas"^{LIQUEFIED}(3)- (L.P.G.) o gas de petróleo líquido, el cual normalmente no contiene plomo, generando cantidades muy bajas de hidrocarburos y monóxido de carbono. La experiencia demuestra que el combustible puede ser usado en ciertas clases de vehículos (ejem. vehículos del estado), su desventaja radica principalmente en que ofrecen un peligro mayor de incendio y explosión que la gasolina, necesitando un manejo cuidadoso, de otra parte, el cambio del uso de gasolina a L.P.G. interrumpiría en forma importante la refinación del petróleo y la consiguiente distribución del combustible con un impacto en la economía de los países.

Para nuestro medio este control esta fuera del alcance de nuestra naciente tecnología.

B. Control de gases en la zona del cigueñal

En los Estados Unidos desde el modelo del año 1963 se han instalado sistemas de control para la zona del cigueñal, entre los más usados está el desarrollado por la General Motors denominado: "Ventilación efectiva de la cámara del cigueñal". El control de estos gases consiste en hacerlos reingresar al sistema de ali -

mentación de mezcla carburante del motor aprovechando - de esta forma la alta proporción de hidrocarburos y reduciendo así su concentración final. Su precio estimado para el mercado norteamericano oscila entre 250 y 300 dólares, más su principal desventaja radica en el mantenimiento continuo que requiere, lo cual resulta poco práctico para los conductores de los vehículos, que tratan de volver a los métodos convencionales.

Este sistema de control podría ser aplicado en nuestro medio en el futuro.

6.1.2 Control de Emisión en Automotores Diesel

Los vehículos equipados con motores diesel presentan un problema menor que los de gasolina, toda vez que los principales contaminantes, como el monóxido de carbono y los hidrocarburos se eliminan en menor cantidad; sin embargo, la emisión de contaminantes-particulados (humos) y compuestos malolientes e irritantes constituyen un serio problema en las unidades usadas".

Los métodos de control en estos vehículos se efectúan de diversas maneras:(54)

A.- Control de emisión por empleo de combustible apropiado.

Está orientado a la relación directa entre las refinerías de petróleo y los fabricantes de motores diesel, para que los combustibles puedan ser apropiados a los diferentes modelos y marcas de automotores diesel.

B.- Control por mantenimiento mecánico del motor.

Está referido a un mantenimiento adecuado de los vehículos diesel, procurando que la relación "aire: combustible" sea siempre la óptima. Este control a la par de una apropiada conducción del vehículo redundará en una reducción considerable de los contaminantes.

C.- Dispositivos para tratar la emisión por el tubo de escape.

Son prácticamente similares a los necesarios para el control en motores a gasolina, esto nos indica que tanto los convertidores catalíticos y los quemadores de llama directa con ligeras variantes, pueden ser utilizados para la reducción de contaminantes en los vehículos diesel. Ultimamente, se ha estado investigando la remoción del H₂O del escape mediante filtración, así como por adición -

de aditivos en el combustible que permitan controlar las propiedades malolientes e irritantes de estos contaminantes, el resultado en ambos casos no ha tenido el éxito esperado.

Para el parque automotriz de la ciudad de Lima las dos primeras medidas de control hacia los automotores diesel serían las más funcionales y prácticas.

6.2. LIMITACION DE LA EMISION DE EFLUENTE

Se ha establecido que una de las mayores fuentes de contaminación atmosférica de las ciudades, son las descargas incontroladas provenientes de los vehículos motorizados; por este motivo para estar en concordancia con el desarrollo urbano alcanzado en la ciudades modernas, se impone la necesidad de controlar estas fuentes de contaminación del aire en su origen.

Otra forma efectiva, es la limitación de la emisión de efluentes de los automotores, que conlleva una reducción de la concentración de los contaminantes descargados hacia la atmósfera. Para conseguir la efectividad deseada es necesaria contar con un organismo adecuado y medidas técnico legales que

permitan obtener los mejores resultados.

Un ejemplo de esta forma de control se está aplicando en los Estados Unidos a nivel federal desde el año 1958, habiéndose establecido las normas de control para los vehículos a gasolina, que limitan la descarga de dos contaminantes importantes; los hidrocarburos y el monóxido de carbono, este control, se efectúa en las unidades motorizadas que circulan en la ciudad en cualquier instante, mediante el empleo de unidades móviles.

Compulsando esta forma de control hacia nuestro parque automotriz considero necesario en primer lugar fijar límites de emisión, para contaminantes aéreos como el monóxido de carbono y los hidrocarburos; el control, se haría en el programa de Revisiones Técnicas y debería extenderse al radio urbano de la Gran Lima, mediante el uso de unidades móviles.

6.3. MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCION DE NUEVAS VIAS DE CIRCULACION.

Dentro de los métodos de control de la contaminación atmosférica que se emplean en las grandes urbes, cabe señalar la planificación del tránsito vehicular, que involucra el mejoramiento y habilitación de nuevas vías de circulación tales como vías expresas, pasos -

a desnivel y otras vías adicionales que canalizan el tránsito, a la vez que acortan las distancias entre el lugar de residencia del individuo y su centro de trabajo. Estas vías reducen el congestionamiento vehicular, disminuyendo la contaminación atmosférica.

La mayoría de las grandes ciudades han aplicado esta forma de control, así tenemos como ejemplo en Latino-america, las ciudades de México y Caracas. (57)

Es preciso señalar, que la habilitación de las nuevas arterias trae consigo la señalización y semaforización de control automático. En la ciudad de Munich (Alemania), el tránsito se dirige mediante un tablero electrónico operado por siete personas y completando con 24 pantallas de televisión que dominan los puntos neurálgicos de la ciudad; cuya población cercana a los 2'000,000 de habitantes tiene un parque automotor de 300,000 vehículos. Verificando estas soluciones anotadas para la ciudad de Lima, es indudable que el mejoramiento y construcción de arterias como la Vía Expresa, Av. Circunvalación; los "By pass" de las avenidas Venezuela y Tingo Maria, así como el ensanchamiento de algunas calles de la "Lima Cuadrada", descongestionarán en buena parte el tránsito vehicular capitalino. Respecto a la semaforización y señalización, actualmente técni -

cos extranjeros como nacionales están realizando estudios para su mejoramiento.

6.4. TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS

Una de las medidas de control eficaces que reducen los problemas de la contaminación aérea ocasionada por los vehículos automotores de las grandes urbes, es la implementación de un transporte masivo de pasajeros; entre los cuales destacan: los omnibuses de gran capacidad y el servicio de trenes subterráneos o metro.

- Servicio de Omnibus.

Indudablemente dentro del servicio urbano masivo de pasajeros, el ómnibus juega un rol de vital importancia, ya que es un medio esencial para el transporte en la ciudad. Por esta razón en países como los Estados Unidos, Alemania, Francia y otros, grandes flotas de estos vehículos cumplen una función efectiva para el transporte de pasajeros, descongestionando indirectamente el tránsito vehicular.

En lo que respecta a la ciudad de Lima- (57) se encuentra en desarrollo el proyecto para la implementación de una flota municipal de gran capacidad, que movilizará alrededor 500,000 personas por día.

- Servicio de Trenes Subterráneos - METRO

El problema de un transporte rápido masivo de pasajeros en forma segura planteado en metrópolis latinoamericanas como, México, Buenos Aires y Santiago de Chile, se ha solucionado en gran parte con el METRO, sistema que descongestiona el tránsito y racionaliza el transporte público, ofreciendo entre otras ventajas: alta velocidad, recorrido sin interrupciones de semáforos o paradas imprevistas, facilidades de las conexiones, comodidad, aparte del ahorro del tiempo, dinero y molestias.

En lo referente a la Gran Lima el METRO-está considerado como una de las soluciones al problema del tránsito vehicular, su aplicación limitaría la excesiva demanda de vehículos automotores y significará una disminución de la contaminación atmosférica por estas fuentes.

Actualmente, los estudios que se llevan al respecto (55), consideran que el METRO transportará un promedio de 50,000 personas por hora, cubriendo un área de influencia de 280 kms.; sistema que entraría en funciones de concretarse el proyecto a partir de 1985.

7.- CONCLUSIONES

1. El estudio de la contaminación atmosférica de la ciudad de Lima producido por vehículos automotores ha comprendido principalmente un inventario de las fuentes de contaminación, el muestreo de los efluentes de un grupo representativo de los vehículos-automotores a gasolina y, la evaluación de los principales contaminantes atmosféricos provenientes de esas fuentes.
2. El inventario de fuentes ha mostrado que de un total de 463,880 vehículos automotores circulantes en la República durante el año 1972, correspondieron a la Gran Lima 295,000 unidades (63%), lo cual demuestra la magnitud del parque automotriz de la capital.
3. La clasificación por marcas de los automotores circulantes en la Gran Lima al año 1972, mostró que las más representativas fueron Ford, Chevrolet, Dodge y Volkswagen que sumaron 161,000 unidades, 54.6% de los vehículos circulantes en la ciudad, el 45.4% restante lo formaron 134,000 automotores distribuidos en más de 40 modelos y marcas diferentes.
4. La clasificación por años de uso, ^{mostró} que los vehícu -

los con más de 10 años fueron los más numerosos sumando 123,000 unidades, 41.7% del total; siguen en orden decreciente los vehículos de 6 a 10 años con 99,000 unidades es decir el 33.6%; y, finalmente los automotores de 1 a 5 años que sumaron 73,000 unidades, 24.7% del total. Estas cifras muestran indirectamente que el número de unidades retiradas de la circulación, por año es relativamente bajo.

5. Las principales fuentes de contaminación por monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, están constituidos por los vehículos equipados con motores de explosión, los cuales se calcula que durante el año de 1972 descargaron en la ciudad de Lima 289,000 toneladas de monóxido de carbono, 28,900 de hidrocarburos y 9,550 de óxidos de nitrógeno; aproximadamente el triple de las cantidades descargadas en 1962.
6. Se ha estimado que los vehículos automotores diesel representan el 10% de las unidades circulantes en la Capital; la producción de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos en estas unidades es menor que la producida por los vehículos a gasolina; mas los humos, aldehidos y otros gases malolientes e irritantes, ocasionan molestias y son más notorios por su fácil percep-

ción sensorial.

7. El muestreo en las fuentes de contaminación ha indicado, que las concentraciones de monóxido de carbono en los efluentes de los automotores a gasolina de las marcas Ford, Chevrolet, Dodge y Volkswagen, circulantes en la Gran Lima determinadas por el método del "Comprobador de gases" (en las Plantas de Revisiones Técnicas de Lima Metropolitana - en 1972) alcanzaron un promedio general para todas las marcas de 5.4%; valor cercano al límite de emisión de Francia de 5.5% ó 55,000 ppm (adoptado con fines de comparación). Independientemente por años de uso, los automotores de 1 a 5 años con valores promedios que fluctuaron entre 3.9 y 4.3% estaban por debajo del límite de emisión referido; en los vehículos de 6 a 10 años de uso los valores fluctuaron entre 5.0 y 5.6%, prácticamente al nivel de patrón de comparación; en los vehículos de más de 10 años de uso, las concentraciones promedio alcanzaron de 7.0 a 7.3%, valores que sobrepasaron el límite de emisión, indicando que son estas fuentes las mayores causantes de la contaminación atmosférica de la ciudad por monóxido de carbono. Hay que reseñar al respecto que estas unidades representan el 41.7% del total circulante en la capital.

8. Las concentraciones de monóxido de carbono halladas por el método de los detectores colorimétricos en los efluentes de vehículos Ford y Volkswagen - circulantes en la ciudad, corroboraron con ligeras variaciones los resultados obtenidos por el método anterior.

9. Las concentraciones atmosféricas promedio de dióxido de azufre, en las cuatro estaciones principales establecidas en la ciudad de Lima, fluctuaron entre 0.8 y 4.1 ugr/m³, valores que son menores al estándar de calidad de aire recomendado por la "Environmental Protection Agency" EE.UU. de 80 ugr/m³ para 24 horas de exposición. Por zonas, la residencial de Lince mostró una concentración promedio de 4.1 ugr/m³ y valores extremos de 0.0 y 30.6 ugr/m³; - luego, la zona residencial de Jesús María con 3.4 ugr/m³ y fluctuaciones entre 0.0 y 40.0 ugr/m³; la zona comercial de Lima 2.3 ugr/m³ y valores extremos de 0.9 y 11.8 ugr/m³, y finalmente la zona norte de Lima (UNI) con 0.8 ugr/m³ y valores que oscilaron entre 0.0 y 3.2 ugr/m³. Estos hallazgos relativamente bajos, nos indican que la contaminación atmosférica por SO₂ no constituye problema en nuestra ciudad.

10. Las concentraciones promedio de monóxido de carbo-

no determinadas a nivel peatonal (1.50 mt. sobre la calzada) entre las 8.00 - 20.00 horas, en las tres zonas diferentes de la Gran Lima, alcanzaron los valores siguientes: zona comercial de Lima 32.2 ppm, con valores extremos de 20 y 50 ppm; zona comercial de Miraflores 15.9 ppm y concentraciones fluctuantes entre 10 y 25 ppm, finalmente la zona comercial de Lince 7.4 ppm con valores extremos de 4 y 10 ppm.

Estas concentraciones comparadas con el estándar de la "Environmental Protection Agency" EE.UU. de 10 mg/m^3 ó 9.1 ppm para 8 horas de exposición continua, nos muestran que la contaminación atmosférica a nivel peatonal en las zonas comerciales de Lima y Miraflores sobrepasan el estándar recomendado, evidenciando así el problema de la contaminación por este gas en ambos sectores comerciales, siendo por tanto de posible riesgo para la salud de aquellas personas que desarrollan sus actividades a nivel de calzada por 8 ó más horas diarias.

11. Las fluctuaciones horarias del grado de contaminación por monóxido de carbono han mostrado, que en la zona comercial de Lima las más altas concentraciones se registraban entre las 8 y 10 horas y de las 16 a 18 horas, lo cual se relaciona directamen

te con la intensificación del tránsito automotor - en esos períodos horarios; en la zona comercial de Miraflores la mayor contaminación se presentó entre las 16 y 20 horas ratificando el hecho de ser también una de las zonas comerciales más concurridas de la capital; finalmente las fluctuaciones horarias en la zona residencial de Lince, se presentó entre las 8 y 9 horas y de las 18 a 20 horas, - siendo las concentraciones menores respecto a las otras zonas de muestreo.

12. Las concentraciones de monóxido de carbono determinadas a niveles representativos de la altura promedio de las edificaciones (3-10 mts.), en las cuatro estaciones principales establecidas mostraron para el período comprendido entre las 8 a 16 horas una concentración promedio de 4.7 ppm con valores extremos 0.5 y 27.5 ppm; y para el período de 12 a 20 horas, 5.6 ppm con valores extremos de 1.0 y 32.1 ppm.

Estos promedios a nivel de ciudad están por debajo del límite de 10 mg/m^3 ó 9.1 ppm para 8 horas de exposición, recomendado por la "Environmental Protection Agency" - EE.UU.

Independientemente las zonas residenciales de Lin ce y Jesús María, y la zona norte de Lima (UNI), con concentraciones menores de 3 ppm, presentan bajos índices de contaminación; en cambio la zona comercial de Lima cuyas concentraciones promedio alcanzaron en el período de la mañana 13.5 ppm con valores extremos de 3.2 y 27.5 ppm, superaron el límite de calidad de aire de 9.1 ppm; notándose además que las concentraciones promedio de la tarde en esta misma zona, son un 20% mayores, posiblemente debido a la intensificación de las actividades comerciales en ese período horario. Los resultados evidencian así el problema de contaminación por el monóxido de carbono en la zona céntrica comercial más importante de la ciudad.

13. Las mediciones instantáneas complementarias al nivel de calzada efectuadas en 21 lugares diferentes de la Gran Lima, mostraron que en el sector de la "Lima Cuadrada", se presentan concentraciones mayores de 30 ppm, confirmando así, que el mayor grado de contaminación por este gas con riesgo para la salud, ocurre en este importante sector comercial.

14. La concentración promedio del material particula-

do en suspensión halladas en la zona comercial de Lima fué de 64 ugr/m^3 con valores extremos que oscilaron entre 37.5 y 90.5 ugr/m^3 ; y, en la zona residencial de Lince de 43 ugr/m^3 , con valores extremos que oscilaron entre 24.5 y 54.8 ugr/m^3 . Estos valores comparados con el estandar de calidad de aire de la "Environmental Protection Agency", que recomienda 75 ugr/m^3 para 24 horas de exposición, estan por debajo de este límite, mostrando que la contaminación atmosférica por material particulado en suspensión no ha constituido problema en nuestra capital en el período estudiado, posiblemente influenciado por el aspecto meteorológico tan variable en nuestra ciudad durante ese período.

15. La concentración promedio de plomo atmosférico en la zona comercial de Lima fué de 0.40 ugr/m^3 con valores extremos de 0.30 y 0.70 ugr/m^3 ; y en la zona residencial de Lince 0.25 ugr/m^3 , con valores extremos de 0.20 y 0.30 ugr/m^3 . Estos valores comparados con el estandar de calidad establecido en la Unión Soviética que considera 0.70 ugr/m^3 en promedio para 24 horas de exposición, demuestran que la contaminación del aire limeño por plomo atmosférico se mantiene aún dentro de -

los límites normales.

16. Las condiciones meteorológicas y topográficas especiales de la ciudad de Lima, tienden a agudizar el problema de contaminación del aire.

En este sentido, los registros de las condiciones meteorológicas imperantes en el período de Setiembre, Octubre y Noviembre de 1972, han mostrado lo siguiente:

- La temperatura ha fluctuado entre una temperatura máxima promedio de 20.3°C y una temperatura mínima promedio $16.^{\circ}\text{C}$.
- La humedad relativa señaló un valor promedio de 86% para este trimestre.
- Los vientos soplaron con mayor frecuencia del SW y SSW con promedio de 5 nudos; los días de calma fueron casi nulos.
- Las horas de sol fluctuaron entre 30 minutos y 7 horas 10 minutos, con un 30% de días con sol en el trimestre.
- El promedio de la altura de la base de inversión fué de 740 mts.

Las condiciones imperantes anotadas representan un ligero aumento de temperatura y elevación de la altura de la base de inversión respecto a los últimos 10 años; así mismo una mayor precipitación.

que en los 7 años anteriores, siendo "normales" - los vientos, humedad relativa y horas de sol; estas condiciones meteorológicas posiblemente han sido de un efecto favorable para la disipación de los contaminantes aéreos.

Los datos presentados, sirven solamente como un índice de referencia para la interpretación de los resultados, toda vez que estudios paralelos con el SENAMHI será lo más conveniente para el mejor conocimiento del microclima limeño y el grado de contaminación atmosférica de la ciudad.

17. En la ciudad de Lima, a la fecha se ha realizado algunos estudios preliminares de los posibles efectos de la contaminación del aire; particularmente relacionados con las emisiones vehiculares y sus efectos en la salud de nuestra población se desconocen, siendo necesario efectuar estudios sobre todo en aquellas personas que desarrollan sus actividades dentro del área de la "Lima Cuadrada".
18. Se desconoce también la magnitud de los posibles daños producidos por emanaciones vehiculares en las áreas verdes; verdaderos pulmones de la ciudad.
19. Los posibles efectos de la contaminación atmosférica

rica en la propiedad debido a la contaminación del aire, es notoria en la ciudad en especial en la zona comercial de Lima donde el ensuciamiento por los aerosoles provenientes del escape de los vehículos motorizados es visible, estimándose fuertes daños en la propiedad en general, afectando la economía del individuo, como el ornato de la ciudad.

20. Las medidas de control aplicadas para la prevención de la contaminación atmosférica en la ciudad de Lima ocasionada por los vehículos automotores se realiza a través de:

- Las revisiones técnicas de los vehículos automotores en las Plantas de Revisiones Técnicas Autorizadas, medida favorable implantada hace pocos años, aunque con ciertas limitaciones. Estas revisiones en lo concerniente a las emisiones provenientes de los automotores no se extiende todavía en el radio urbano de la Gran Lima.
- El desarrollo del Plan Vial Metropolitano, que realiza el Concejo Provincial de Lima; ampliando los jirones céntricos de la ciudad, construyendo vías rápidas, expresis y pasos a desnivel, que tienden al descongestionamiento de los vehículos en el centro de la ciudad. La implementación progresiva de flota de ómnibus de gran capacidad en reemplazo de las unidades deterioradas; que -

son las que producen la mayor contaminación, y el proyecto de la futura construcción del METRO a partir de 1985, sistema que descongestiona el tránsito y racionaliza el transporte público.

- La ejecución de estudios de contaminación atmosférica a nivel local realizado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), incluyen muy limitados contaminantes, que se muestrean en forma continua en 4 estaciones principales, situados estratégicamente en la ciudad de Lima; y de otra parte las evaluaciones temporales que se realizan en el Instituto de Salud Ocupacional, que si bien aportan datos valiosos, ^{hacen} necesario una mayor amplitud en los programas de contaminación atmosférica, para un mejor conocimiento del problema.

21. El estudio realizado permite señalar que los factores principales que directa o indirectamente contribuyen a la contaminación atmosférica ocasionada por las emisiones de los vehículos automotores en la ciudad son los siguientes: baja renovación de unidades; alto porcentaje de vehículos en circulación con motores gastados o mal regulados; elevados edificios y calles estrechas, congestiones y "embotellamientos", falta de Educación Vial y principalmente carencia de dispositivos legales.

8.-RECOMENDACIONES

El estudio realizado acerca de la contaminación atmosférica de la ciudad de Lima por los automotores, permite llegar a un planteamiento de recomendaciones con la finalidad tendiente a evitar que el problema progrese en magnitud desfavorable. Considero conveniente el desarrollo de este plan de acción enfocando los siguientes puntos:

1. INVENTARIO DE FUENTES

Que nos permitirá conocer la calidad y cantidad de efluentes descargados de las fuentes móviles; así como dar pautas de control. El inventario debe incluir:

- a) Clasificación de los automotores según su clase de vehículo (automóviles particulares, taxis, omnibus etc).
- b) Tipo de motores (a explosión y diesel) y marca del automotor.
- c) Años de uso de los automotores.
- d) Dispositivos de control incorporados.
- e) Volumen estimado anual de los efluentes descargados por los vehículos automotores.

2. EVALUACION

A través de esta actividad, se podrá conocer el

grado de contaminación atmosférica de los lugares afectados. En este sentido se sugiere:

- a) Que ^{en} el Programa de la Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire, que propicia el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), con instituciones Estatales y Universidades se efectúe el registro continuo de los principales contaminantes atmosféricos que provienen de los automotores y, de modo especial los que revisten mayor importancia por su naturaleza y concentración, tal como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, plomo, ozono, 3 - 4 benzopireno y otros.
- b) Que los métodos y equipos empleados en las evaluaciones de los contaminantes atmosféricos, si bien están proporcionando datos valiosos, se debe propender al mejoramiento de los mismos de acuerdo al avance de la ciencia y tecnología.
- c) Realizar los estudios en conjunto con el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), - que permitirá conocer la influencia de los parámetros meteorológicos sobre la dispersión y degradación de los contaminantes atmosféricos.
- d) En base a estudios epidemiológicos preliminares, - intensificar el estudio de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población

limeña, especialmente de aquellas que laboran y/o viven dentro de la "Lima Cuadrada".

- e) Realizar estudios de los efectos de los efluentes de los automotores sobre la vegetación, a la vez tratar de aumentar las áreas verdes, puesto que - representan verdaderos pulmones de la ciudad.
- f) Es necesario realizar evaluaciones de los posibles efectos en la propiedad, ocasionada por emanaciones vehiculares y, así cuantificar el impacto económico que soporta la ciudad de Lima por las emisiones incontroladas de las unidades motorizadas.

3.-CONTROL DE FUENTES

Esta medida requiere:

- a) Intensificar el Programa de Revisiones Técnicas de automotores que efectúa la Dirección General de Circulación y Seguridad Vial, extendiendo este control al radio urbano e interurbano.
- b) Fomentar en el futuro el uso de dispositivos de control de los gases de combustión en vehículos automotores especialmente a gasolina, puesto que representan alrededor del 90% de los vehículos automotores circulantes en el parque automotor limeño.
- c) Proseguir con los programas de construcción y mejoramiento de avenidas de tránsito libre, con pa

sos a desnivel ("by-pass").

- d) Establecimiento de sistemas de transporte masivo de pasajeros como son: la implementación de ómnibus de gran capacidad y, la inmediata construcción del "METRO".

4.-ASPECTO LEGAL

En este sentido será conveniente establecer en primer lugar una AUTORIDAD responsable quien se encargará de la aplicación de los reglamentos y normas respectivas, los mismos que deben involucrar necesariamente límites de calidad de aire y límites de emisión, los cuales deben comprender:

- a) Definiciones
- b) Autorización de circulación
- c) Limitación de las emisiones para los principales contaminantes particulados y gaseosos provenientes de los automotores a gasolina y diesel. Respecto a los límites, propongo considerar como límite de emisión para el monóxido de carbono 5.5% ó 55,000 ppm por volumen, para el caso de automotores a gasolina, basado en que nuestro parque automotriz no cuenta con dispositivos de control y, de otra parte la renovación de unidades es limitada.
- d) Muestreo y verificación de la eficiencia de los sistemas de control, realizado con instrumental -

adecuado y personal calificado.

- e) Normas relativas a las características y aplicaciones de dispositivos de control de las emisiones de los automotores.

5.-EDUCACION SANITARIA

- a) Promover la Educación Sanitaria mediante todos los órganos de difusión, para llegar a los individuos, grupos de familiares y comunidad en general, a fin de que estos conocimientos los tengan presentes en sus actividades y su forma de vida, de modo que garanticen condiciones más saludables en el medio ambiente en que se desarrollan.
- b) Un aspecto muy importante, está referido a la Educación Vial de los conductores de vehículos y peatones, en las reglas del tránsito en la ciudad, que permitirá indirectamente el mejoramiento de nuestra calidad de aire.

6.-FORMACION PROFESIONAL

- a) La carencia de formación profesional en esta materia en las Universidades del país, hace imperiosa la preparación de profesionales en el campo de la prevención y control de la contaminación ambiental como una profesión convencional.
- b) A los INGENIEROS SANITARIOS, debido a nuestra formación profesional nos toca también aceptar el reto

que nos plantea la tecnología moderna y, ser elementos de gran valía en la lucha contra la contaminación atmosférica.

- c) Las instituciones que se dediquen a formar profesionales en esta especialidad, deben estar dotadas de fondos indispensables que permitan realizar investigaciones acerca de este problema ecológico que hoy enfrentamos.

10.- B I B L I O G R A F I A

- 1.- Marroquín Calderón José - Introducción a la - Salud Pública - Universidad Nacional de Ingeniería - 1971.
- 2.- Willman L.V.- Curso de carreteras - Escuela - Técnica Superior de Darmstad - España - 1950.
- 3.- Clean Our Environmental - The Chemical Basic For Action - 1970.
- 4.- Torres Eddy - "El Tren Ultramoderno, Solución del Transporte" - diario CORREO - 23-5-72.
- 5.- Forster Hans - El Automovil del Futuro - Universitas Vol. X No.1 - 1972.
- 6.- Haddad Ricardo - Las ciudades y el hombre - Curso sobre Contaminación del Aire - U.N.I. - 1969.
- 7.- Motor Vehicles Air Pollution and Health - División of Air Pollution, Washington 25 D.C.-1962.
- 8.- Bloomfield John - Introducción a la Higiene Industrial - Cap. No. 9 2da. Edición - 1964.
- 9.- Dirección de Circulación y Seguridad Vial - División de Registro de Propiedad Lima - Perú - 1972.
- 10.- Gastañaga Coll Anibal - Estudio Preliminar de la Contaminación Atmosférica de la Gran Lima - Revista del Instituto de Salud Ocupacional - Vol. VIII-No.2 - 1963.
- 11.- Ruiz Botto Jorge - Contaminación del Aire de la ciudad de Lima - Primer Forum de Contaminación Ambiental - ICPNA - Lima - 1971.
- 12.- Seminario Latinoamericano de Contaminación del Aire - Serie Técnica del Departamento de Ingeniería y Ciencias del Ambiente - 1970.

- 13.- Pinzas Gerardo - Gastañaga Anibal - Consideraciones sobre la Contaminación Atmosférica de la Gran Lima por vehículos automotores - Revista del Instituto de Salud Ocupacional, Vol.IX, No.2 - 1964.
- 14.- Asociación Automotriz del Perú - Anuarios desde el año 1927 - 1972.
- 15.- Manual de Instrucciones del Comprobador de gases Eosch AV-173 - Alemania - 1970.
- 16.- Michigan Department of Health - "Michigan's - Occupational Health " - Vol II, No.2 -1958.
- 17.- Estudios de Mercado - Procedimiento, Métodos y Técnicas - España - 1968.
- 18.- Stern A.C. Air Pollution - Volumen No II - Capítulo 19 - 1968.
- 19.- La Mont C Cole - La Crisis del Medio Ambiente- 1970.
- 20.- Ludwing John - "Present Status of Vehicles Exhaust in Air Pollution - Dept of Health Robert Taft Sanitary Engineering - Center - 1962.
- 21.- High Volume Sampler - Service Department Operating Instruction - Illinois - 1969.
- 22.- Red Panamericana de Muestreo Normalizado - Serie Técnica - Resultados obtenidos 1967 - 1970.
- 23.- Velasquez - Jauregui - "Contaminación Atmosférica por Monóxido de Carbono en el Centro de Lima - Tesis de Grado - U.N.I. 1968.
- 24.- Atmospheric Sampling - Institute for Air Pollution Training - 1970.
- 25.- Gastañaga Coll Anibal - Interpretación de los Resultados - Límites de Calidad de Aire - Curso U.N.I. - 1969.

- 26.- American Industrial Higiene Association Journal
Community Air Quality Guide Vol No.28 (1967) a
Vol No. 30 (1969).
- 27.- Concentraciones Máximas permisibles de Contami-
nación Atmosférica de la Unión Soviética-1967.
- 28.- Environmental Protection Agency - Washington -
D.C. - 1971.
- 29.- Limite de Emisión de Monóxido de Carbono por -
el Tubo de Escape - Revist. de Comprobadores -
de Gases - Alemania - 1969.
- 30.- Chahiers de Note Documentaires - Contamination
Atmospherique par Autos - No 61 - Oct-Dic -
1970.
- 31.- Casaverde Mateo - Condiciones Meteorológicas-
de Lima con relación a la Contaminación del -
Aire - 1er. Forum de Contaminación Ambiental-
ICPNA - 1971.
- 32.- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-
Parámetros Meteorológicos de la ciudad de Lima-
archivos 1962 - 1972.
- 33.- Código Sanitario - Decreto Ley No 17505 - 18 -
Marzo 1969 - Art. 1999 - Título Preliminar I.
- 34.- Narvaez Víctor - Estudio Epidemiológico Preli-
minar de Prevalencia de Bronquitis Crónica de-
la vías Aereas y su relación con los niveles-
de contaminación Atmosférica - Lima - 1971.
- 35.- Espinoza Mario - Efectos de la Contaminación -
Ambiental sobre la Salud Humana - Curso U.N.I.
1969.
- 36.- Henderson y Haggard - Noxious gases, New York
1952.
- 37.- Universidad Nacional de Buenos Aires -" Los Au-
tomotores como fuente de Contaminación Atmosfé-
rica - B.B.A.As. - 1970.

- 38.- Hamilton J.G.- Radiology - Acad Medica New York - 1954.
- 39.- Petroleos del Perú - Departamento de Ingeniería Sección de Ventas - Lima - 1972.
- 40.- Barker - Contaminación de la Atmosférica Organización Mundial de la Salud Ginebra - 1962.
- 41.- Instituto de Salud Ocupacional - Archivo del Departamento de Contaminación Atmosférica y Radiaciones Ionizantes.
- 42.- Jacob B.- Air Pollutants - Interscience Publisher New York 1961.
- 43.- Echegaray Medardo - Determinación Espectrofotométrica de Bióxido de Nitrógeno por el método de Saltzman Revist. Salud Ocupacional Vol. VIII - No.2 - 1963.
- 44.- Saltzman B.E. - Kinetic Studies of Formation - Atmospheric of oxidant - 1958.
- 45.- Amdur M.O. - Amer. industr. Hyg Ass - 1957.
- 46.- Lischner M.W. - Prevalence of Respiratory Symptoms in an Industrial Population Vol. 50 - 1956.
- 47.- Carpio Guillermo del - Plumbismo Cronico Ocupacional en nuestro medio - Salud Ocupacional, - 1967 XII, 1-2 - 1967 XII, 3-4.
- 48.- El arte del Progreso - El desarrollo y el Medio Ambiente - Symposium de Contaminación Ambiental- ICPNA - Lima - 1973.
- 49.- Gilfillan, Jour Occup Med - Vol.7 - 1965.
- 50.- Arch - Env. Health - Vol.10 - 1965.
- 51.- Calderón Efraín - Efectos sobre la Economía- Daño a la Agricultura - Curso U.N.I. - 1969.

- 52.- Macher César - El Problema de la Contaminación Atmosférica - 2do. Congreso Peruano de Salud Ocupacional - Lima - 1970.
- 53.- Haddad Ricardo - La Contaminación del Aire y las Economías en Desarrollo - XII - Convención de UPADI - Lima - 1972.
- 54.- Pinzas Gerardo - Control de Combustión en Sistemas Móviles - Curso U.N.I. 1969.
- 55.- 7 Días del Perú y del Mundo - "Tránsito Viejo y Nuevo Problema" - No. 788 - 1973.
- 56.- The Chemical Analysis of Air Pollution - Morris B. Jacob - Interscience Publisher - Inc. New York - 1960.
- 57.- Plan Vial Metropolitano - Concejo Provincial de Lima - 1972.
- 58.- Bloomfield Bernard - Charla de Contaminación Atmosférica - Generalidades - Instituto de Salud Ocupacional - 1970.