

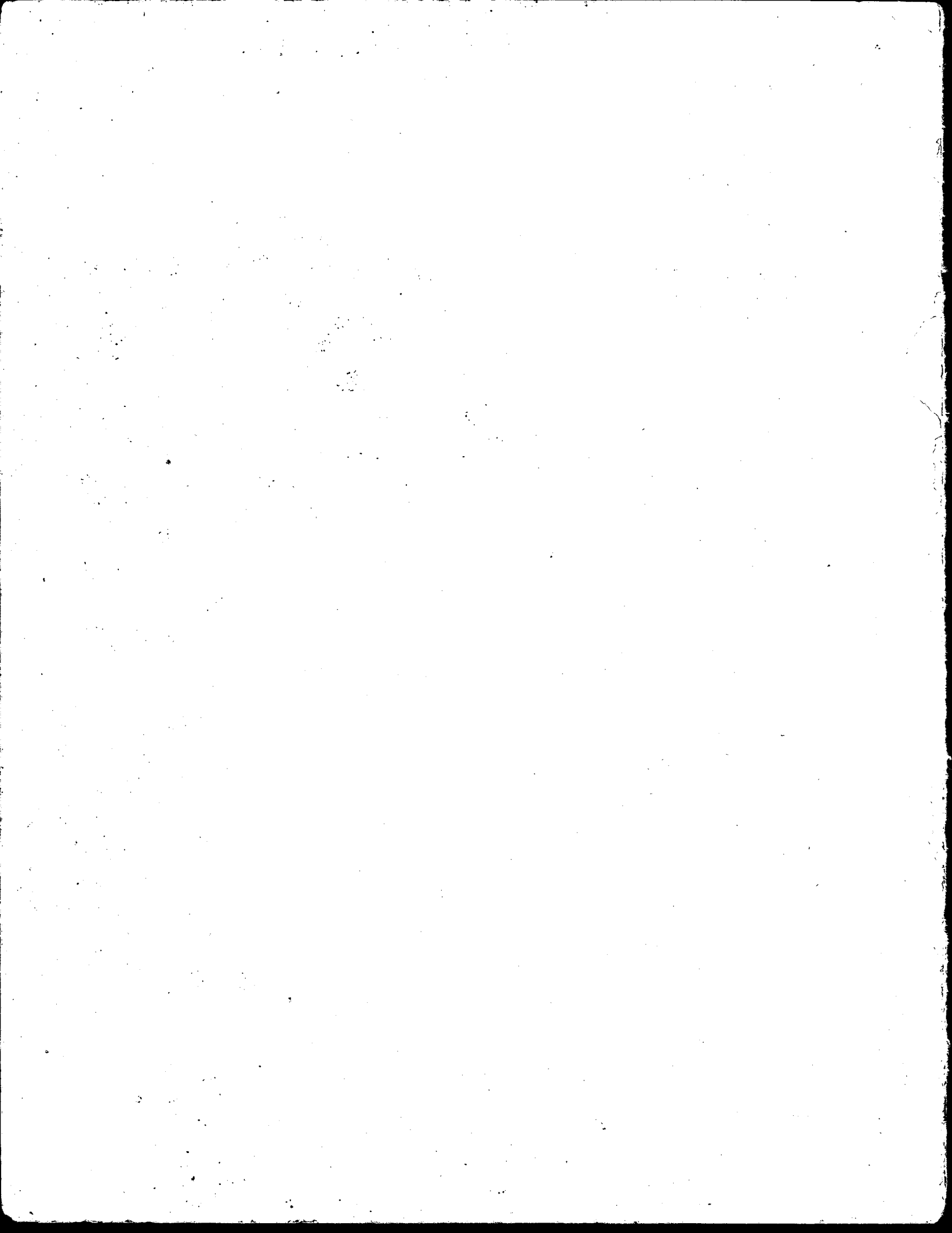
**ESTUDIO INTEGRAL
SOBRE LA
CONTAMINACION ATMOSFERICA
EN EL
VALLE DE CARACAS**



MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Dirección General de Información e Investigación del Ambiente

Dirección de Investigación del Ambiente (DISCA)

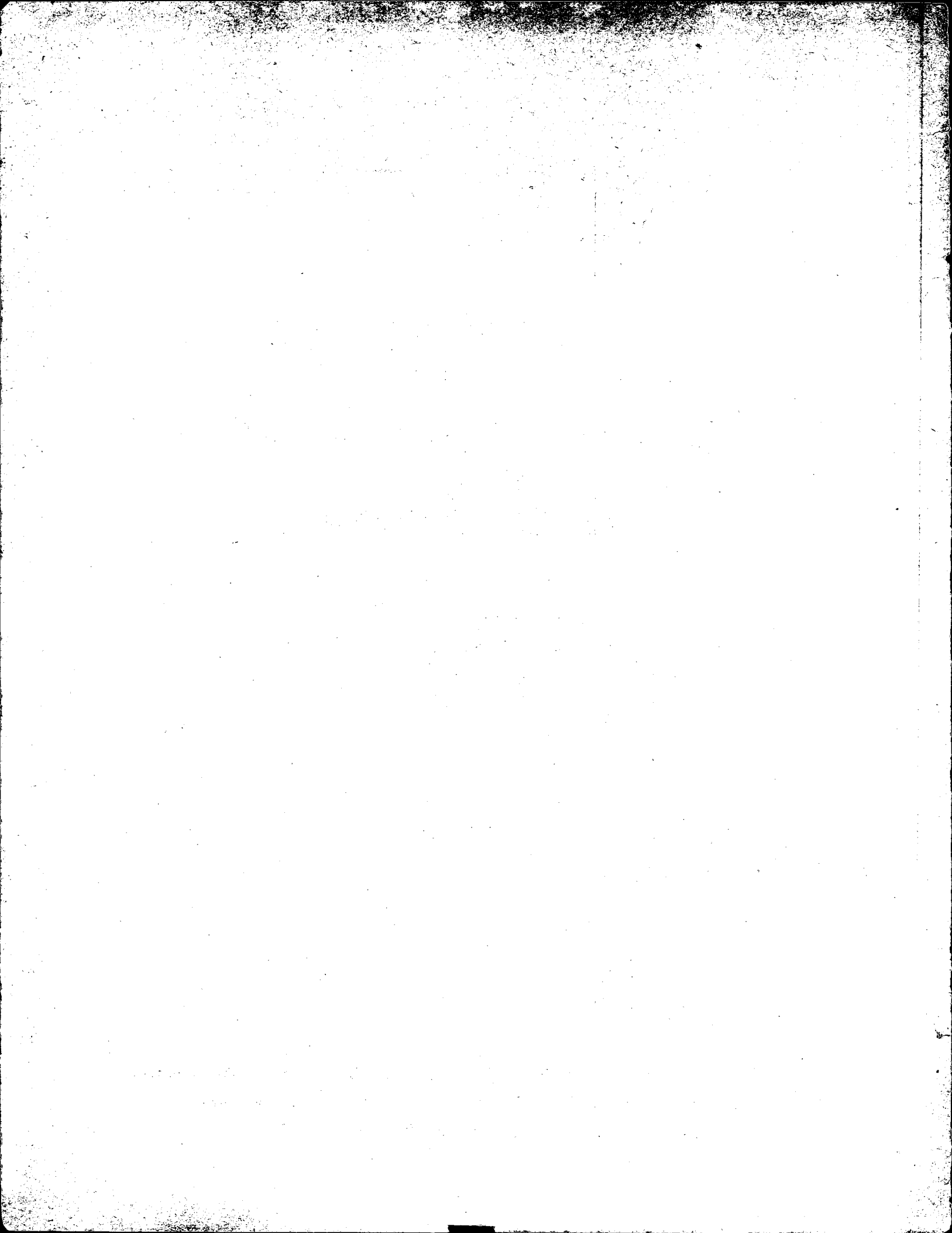


**ESTUDIO INTEGRAL
SOBRE LA
CONTAMINACION ATMOSFERICA
EN EL
VALLE DE CARACAS**

**Ing. Rafael Cáceres
y colaboradores**



MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES
Dirección General de Información e Investigación del Ambiente
Dirección de Investigación del Ambiente, DISCA



PERSONAL PARTICIPANTE EN EL ESTUDIO OBJETO DEL PRESENTE INFORME

Programación, Dirección y Coordinación del Estudio: Ing. Rafael E. Cáceres Perera.

Asistentes del autor en la coordinación y supervisión de las actividades del Estudio: Ings. Jorge Blanco Faour e Isidoro Rodríguez.

Asesoramiento sobre técnicas instrumentales y trabajos de laboratorio: Ing. Leopoldo Blumenkraz.

Supervisión de los exámenes y análisis de laboratorio: Ing. Víctor Moreno.

Trabajos de campo: Ings. Rafael E. Cáceres Perera, Isidoro Rodríguez, Gray Flores, Víctor Moreno, Nelson Díaz, Víctor San Vicente, Alfonso Arrocha y Técnicos de Campo: Sres. Abraham Moreno, Ricardo Rivero, Miguel Ramírez, Francisco Navas, Arturo Rodríguez, Pedro Rodríguez, Héctor Lezama, Juan Escalona, Pedro Sosa, Marcos Rangel, Enrique Reyes y Tamara Lemoine.

Exámenes y análisis de laboratorio: Ing. Víctor Moreno y Técnico Químico: Rubén Rojas.

Cómputos y procesamiento de datos: Ings. Rafael E. Cáceres Perera, Isidoro Rodríguez, Gray Flores y Nelson Díaz.

Asistentes del autor en la revisión y búsqueda bibliográfica: Ing. Isidoro Rodríguez, Sociólogas Gladys Araujo de Pacheco, Cecilia de Romero, Roswita Hail, y Licenciada en Biblioteconomía Mariela Garrido.

Trabajos de Dibujo: Sr. Miguel Arocha Vargas con la colaboración de los Sres. Ricardo Díaz Coronil y Orlando Silva.

Asistencia Administrativa: Lic. Elvia García Aponte y colaboradores.

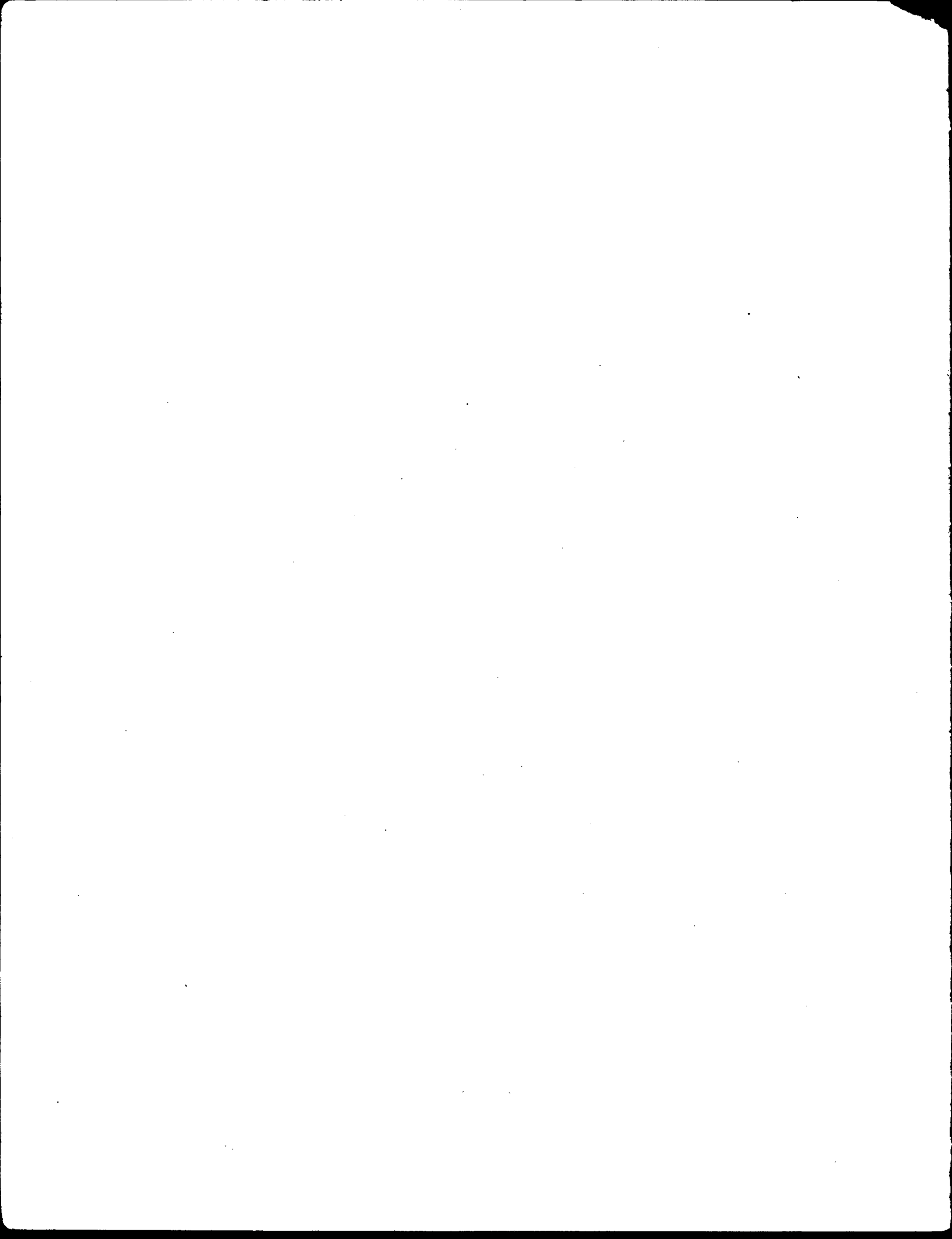
Concepción y redacción del Informe: Ing. Rafael E. Cáceres Perera.

Asistentes del autor en la elaboración y cuadros del Informe: Ings. Isidoro Rodríguez y Gray Flores.

Preparación mecanográfica del texto y cuadros: Sras. Rosa Matute de Terán, Isabel Teresa de Arellano, Carmen de Planas, Auristela Rojas de Lugo y Srtas. Gladys Matute Rojas y Carmen Arraiz

Revisión del texto original: Ings. Rafael E. Cáceres Perera, Isidoro Rodríguez y María Antonieta de Briceño.

Diagramación: Sr. Mariano Díaz.



RECONOCIMIENTO

La información y aportes financieros específicos para cubrir parte de la ejecución de las actividades previstas en este Estudio ha sido posible por la colaboración de diversos organismos nacionales que desinteresadamente nos la han prestado. Así mismo, la capacitación de recursos humanos y asesoramiento técnico específico para la ejecución de esas actividades ha sido posible al gran interés del Director de Investigación del Ambiente, Ing. Gustavo Parra Pardi, y a la activa participación de los Consultores Internacionales, quienes con su vocación de servicio y experiencia profesional han contribuido substancialmente en las citadas áreas fundamentales para llevar a cabo el Estudio. A todos ellos, nuestro sincero reconocimiento.

Organismos Nacionales

Gobernación del Estado Miranda a través del otorgamiento de un aporte financiero eficaz, muy valioso y oportuno, a través de los Convenios de Presupuesto Coordinados de las Gobernaciones y el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

Gobernación del Distrito Federal, en condiciones similares a las de la Gobernación del Estado Miranda.

Ministerio de Sanidad y Asistencial Social, por su apoyo institucional, técnico y financiero para iniciar este Estudio y llevarlo a cabo durante gran parte de su ejecución, continuada posteriormente por su decidido interés en el éxito del mismo.

Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) por su apoyo tanto institucional y de servicios de computación para el procesamiento de datos.

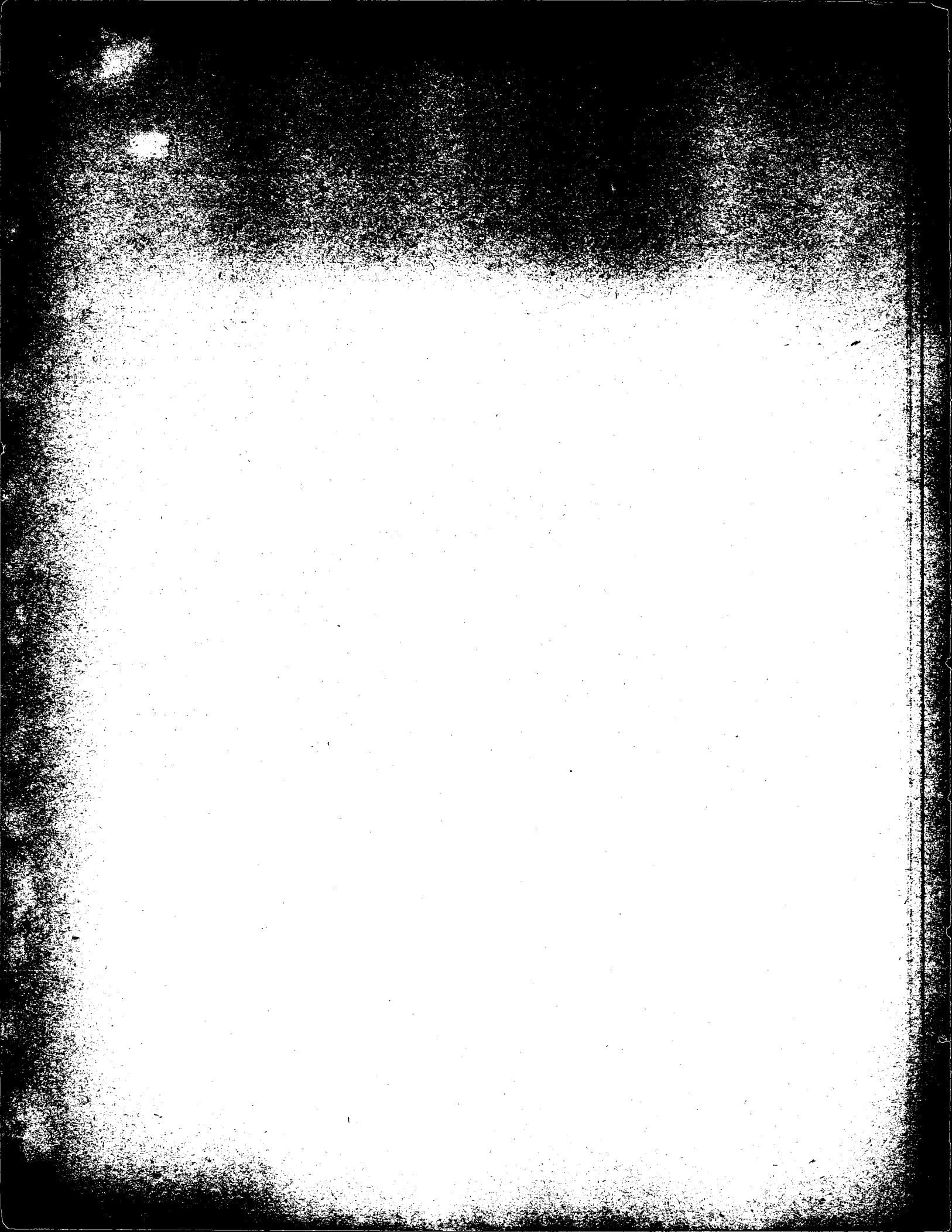
Ministerio del Transporte y Comunicaciones en la provisión de información básica y de facilidades de apoyo para la ejecución del Estudio.

Otras dependencias del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, donde se destaca la valiosa colaboración de la Dirección de Cartografía Nacional.

Organismos Internacionales Proyectos VEN /528 y VEN/77/006

La colaboración del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo de las actividades previstas en el Estudio, a través del aporte financiero en la contratación de Consultores Internacionales, según se contemplara en los Proyectos VEN/528 "Centro de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental", que finalizó en diciembre de 1976 y en el Proyecto VEN/77/006 "Investigaciones sobre Contaminación Ambiental - Fase II" que finaliza en diciembre de 1978. En ambos proyectos, la Agencia Ejecutora Internacional ha sido la Oficina Sanitaria Panamericana, la cual ha contribuido substancialmente a la instrumentación del Proyecto según los requerimientos de la Dirección de Investigación del Ambiente (DISCA).

Por su intermedio ha sido posible la contratación de Consultores Internacionales de la categoría del doctor John Ludwig, de aporte significativo en la preparación de recursos humanos en los aspectos de contaminación atmosférica por vehículos automotores y de asesoramiento efectivo para la orientación y ejecución de las actividades previstas en esta investigación específica; del Dr. Arthur Hocker, de los Meteorólogos James L. Dicke, Daniel Mazarella, Waldemar Barnes y de los Ingenieros Richard Hatchard y John Williamson, quienes han contribuido con sus comentarios y experticia profesional a completar la Consultoría Específica del Dr. John Ludwig, sobre vehículos automotores.



INDICE

	PÁGINAS
<i>Capítulo I. GENERALIDADES</i>	
INTRODUCCION	3
1.1. Contaminación atmosférica. Consideraciones previas	3
1.2. Venezuela y la contaminación atmosférica	4
1.3. El problema de la contaminación atmosférica en el Valle de Caracas	4
1.4. Características de la contaminación atmosférica por vehículos automotores	4
1.4.1. Solución integral del problema de la contaminación atmosférica por vehículos automotores	6
1.4.2. Evolución histórica en la concientización acerca del problema de la contaminación atmosférica por vehículos automotores	6
1.4.3. Principales parámetros para definir las emisiones de contaminantes atmosféricos por vehículos automotores	6
1.5. Legislación	7
1.5.1. El monóxido de carbono como contaminante atmosférico	7
1.5.2. Otros contaminantes atmosféricos	9
1.6. Métodos de control de la contaminación atmosférica por vehículos automotores	10
1.7. Impacto económico general	10
 <i>Capítulo II. EL MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.</i>	
2.1. Motores de encendido por chispa	15
2.1.1. Modos de operación del motor de combustión interna	16
2.1.2. Combustible	16
2.1.3. Aceites lubricantes	17
2.1.4. Fuentes de emisión de contaminantes en los motores de encendido por chispa	17
2.2. Motor Diesel	18
2.2.1. Funcionamiento del motor Diesel	18
2.2.2. Causas posibles para la formación de humos	19
2.3. Condiciones básicas para el buen mantenimiento de los motores de combustión interna	19
 <i>Capítulo III. ESTUDIO INTEGRAL SOBRE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE CARACAS.</i>	
3.1. Introducción	25
3.2. Importancia del Estudio	25
3.3. Objetivos del Estudio	26

3.4.	Carácter integral del Estudio	26
3.5.	Programación del Estudio	26
3.6.	Estudios de Calidad del Aire	27
3.7.	Epidemiología	28
3.8.	Meteorología	29
3.9.	Contribución de las fuentes fijas en la contaminación atmosférica del valle de Caracas	31
3.9.1.	Partículas	31
3.9.2.	Dióxido de azufre (SO ₂)	31
3.9.3.	Compuestos Orgánicos	31
3.9.4.	Hidrocarburos	32
3.9.5.	Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	32
3.9.6.	Monóxido de Carbono	32
3.9.7.	Fuentes fijas de mayor potencial de contaminación atmosférica	32
3.9.8.	Resumen	33
3.10.	Contribución de las fuentes móviles en la contaminación atmosférica del valle de Caracas	33
3.11.	Estudio sobre la posible formación de "smog" fotoquímico en el valle de Caracas	33
3.12.	Modelos de dispersión de contaminantes	34

Capítulo IV. ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA DIAGNOSTICO DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE CARACAS POR VEHICULOS AUTOMOTORES.

4.	Evaluación de la exposición a monóxido de carbono (CO) en el valle de Caracas	39
4.1.	Estudios de exposición a contaminantes atmosféricos en micro-áreas	39
4.1.1.	Acondicionamiento del equipo de análisis	39
4.1.2.	Consideraciones sobre las técnicas de muestreo	40
4.1.3.	Procesamiento de datos	44
4.2.	Estudios de exposición a contaminantes atmosféricos en macro-áreas	45
4.2.1.	Consideración general	45
4.2.2.	Acondicionamiento del equipo de análisis	45
4.2.3.	Consideraciones sobre la técnica de muestreo	46
4.3.	Otras evaluaciones. Parámetros diversos para la cuantificación de la magnitud de la contribución de los vehículos automotores en la contaminación ambiental en una ciudad	48
4.3.1.	Exposición a CO	48
4.3.2.	Características de la circulación de vehículos automotores en el valle de Caracas	48
4.3.3.	Ciclo de manejo de los vehículos de uso particular	48
4.3.4.	Condiciones de mantenimiento de los vehículos	49
4.3.5.	Ruido	50
4.3.6.	Consumo de combustible	51

Capítulo V. RESULTADOS

5.1.	Introducción	55
5.2.	Estudios en el Centro Simón Bolívar y áreas adyacentes	55
5.3.	Circulación de vehículos automotores en áreas adyacentes al Centro Simón Bolívar	64
5.4.	Parámetros de exposición a monóxido de carbono	64
5.4.1.	Exposición a monóxido de carbono en el casco central de la ciudad	65
5.4.2.	Exposición a monóxido de carbono en las principales avenidas del valle de Caracas	74
5.4.3.	Exposición a CO en el interior de vehículos	78
5.4.4.	Condiciones de tránsito de los vehículos automotores en el valle de Caracas	78
5.4.5.	Ciclo de manejo	81
5.4.6.	Condiciones de mantenimiento de los vehículos	82
5.4.7.	Consumo de combustible	83
5.4.8.	Ruido	83
5.4.9.	Métodos de control de las emisiones de contaminantes de la atmósfera en los vehículos ensamblados en el país	85
5.5.	Condiciones futuras de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas	85
5.5.1.	Matriculación de vehículos	85
5.5.2.	Proyección de las concentraciones de CO	86
5.5.3.	Influencia de varias alternativas de control de emisiones de contaminantes en los vehículos de combustión interna en el valle de Caracas	92

Capítulo VI. ANALISIS GENERAL DE LOS RESULTADOS Y ALTERNATIVAS DE CONTROL CON SUS RECOMENDACIONES PARA REDUCIR LA CONTAMINACION ATMOSFERICA POR VEHICULOS AUTOMOTORES EN EL VALLE DE CARACAS.

6.1.	Introducción	103
6.2.	Análisis de la contribución de los vehículos automotores en la contaminación atmosférica en el valle de Caracas	104
6.2.1.	Monóxido de carbono	104
6.2.2.	Oxidos de nitrógeno	107
6.2.3.	Hidrocarburos	107
6.2.4.	Oxidos de azufre	108
6.2.5.	Material particulado	109
6.2.6.	Oxidantes totales	109
6.2.7.	Plomo	109
6.2.8.	Tetraetilo de plomo	110
6.2.9.	Ruido	111

	PAGINA
6.2.10. Condiciones de mantenimiento de los vehículos automotores ..	111
6.2.11. Tráfico de vehículos automotores en el valle de Caracas	113
6.2.12. Control de las emisiones por medio de dispositivos al efecto	114
6.2.13. Control de las emisiones por mejoras en el diseño de los motores	115
6.3. Alternativa de control	115
6.3.1. Estrategias para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera por vehículos automotores	117
6.3.2. Estrategias para reducir el número de kilómetros recorridos	129

PROLOGO

Son muchas y variadas las denuncias y opiniones sobre contaminación ambiental y, específicamente, la atmosférica; pero aparte de cumplir solamente este aspecto, en su mayoría no ofrecen soluciones viables.

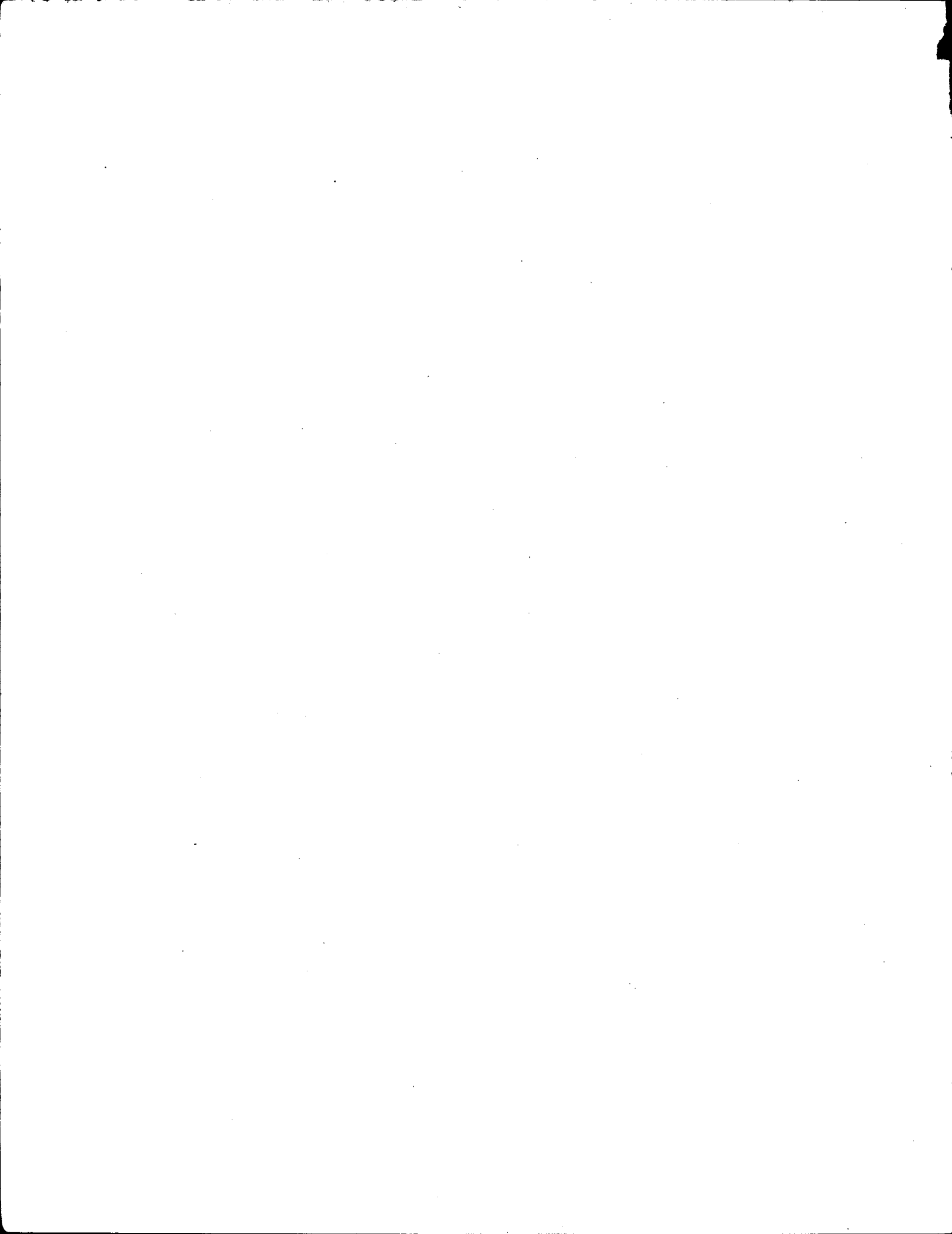
Es así como, por primera vez, en nuestro país se enfrenta las tareas de un estudio integral sobre la contaminación atmosférica con la finalidad de encontrar soluciones a este problema en el Valle de Caracas.

Es así como el "Estudio Integral sobre la contaminación atmosférica en el Valle de Caracas" constituye la investigación más completa que sobre ese aspecto se haya realizado en el país, en lo relacionado con la contribución de los vehículos automotores en la contaminación atmosférica del citado valle.

Es indudable que este trabajo realizado bajo la competente dirección del ingeniero Rafael Cáceres, Adjunto a la Dirección de Investigación del Ambiente, apoyado en el concurso de excelentes técnicos, profesionales y consultores extranjeros, nos ofrece soluciones adaptadas a la realidad venezolana, sus condiciones físicas, económicas, sociales, políticas.

Este estudio que hoy presentamos, de gran rigor científico enfatiza en las fuentes móviles de contaminación atmosférica, pero como estudio integral no deja de tratar lo relativo a las fuentes fijas y el ruido. Perfeccionar estos aspectos será parte de programas futuros.

LUIS REMIRO PARRA.



INTRODUCCION

El Informe sobre la Contaminación Atmosférica por Vehículos Automotores en el Valle de Caracas, constituye el primero del "Estudio Integral sobre la Contaminación Atmosférica en el Valle de Caracas y Ciudades Francisco Fajardo y Diego de Losada" que ha venido ejecutando la Dirección de Investigación del Ambiente (DISCA), desde mediados de 1974, incluyendo la etapa preliminar de estudio para definir la orientación del mismo.

Este informe se ha dedicado al problema indicado debido a su relativa mayor importancia en la generación de la contaminación atmosférica en el Valle de Caracas, aunque en algunos casos particulares, los problemas de contaminación atmosférica pueden ser mayores por otras fuentes. Casos concretos de esta naturaleza los constituyen el relleno sanitario de la Fila de Mariches cuando arde, gracias a la falta de un control adecuado en un momento dado, el funcionamiento de un incinerador de basura en mal estado, la operación de una instalación industrial sin los dispositivos o métodos de control apropiados para sus efluentes gaseosos y aerosoles, el funcionamiento de un autobus en mal estado, exteriorizado por la emisión de humos visibles y malolientes, para citar algunos casos de los más comunes en el Valle de Caracas.

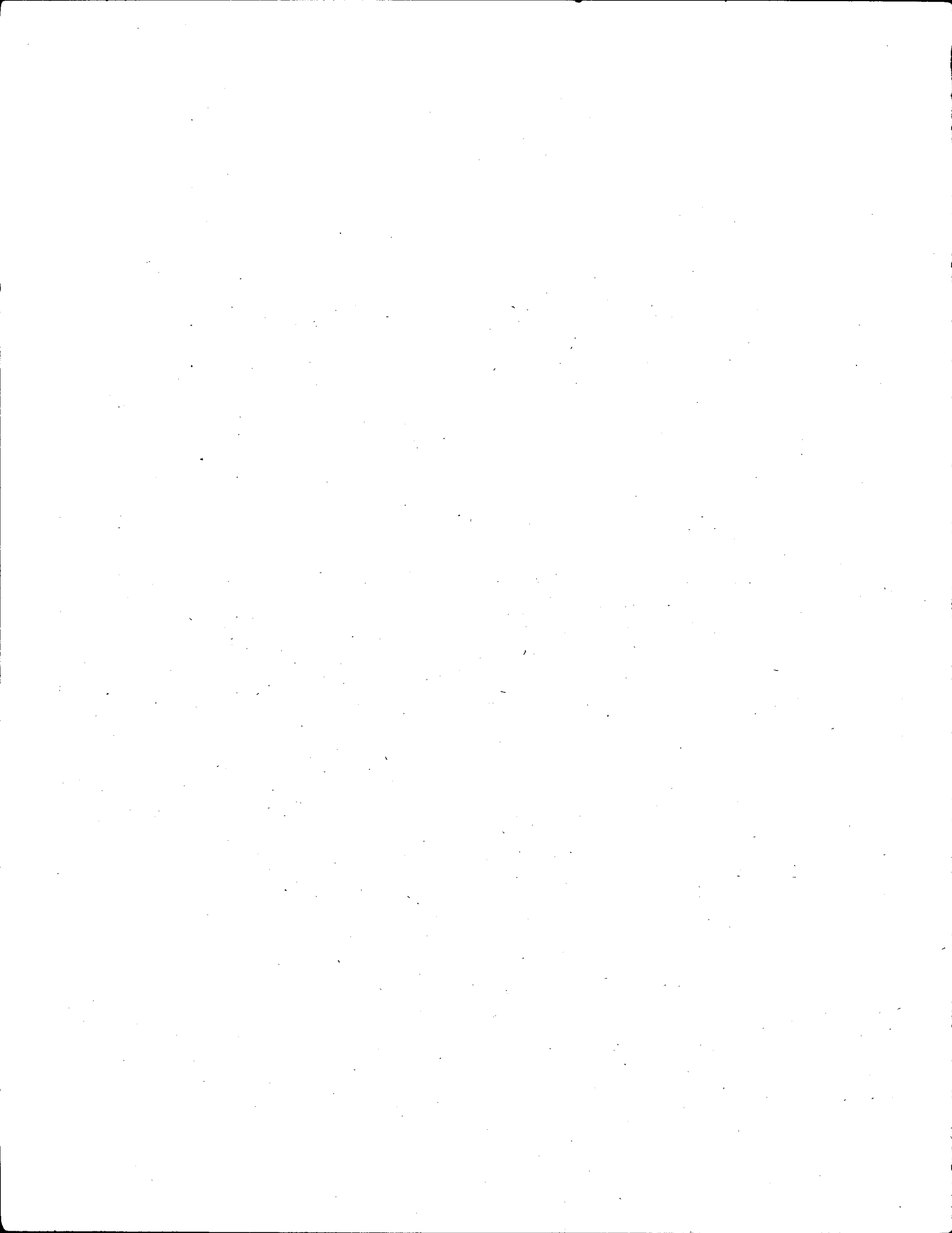
Para su presentación se ha dividido en seis capítulos. En el primero se incluyen los aspectos generales del problema de la contaminación atmosférica por los vehículos automotores. En el segundo capítulo se presentan también consideraciones de carácter general acerca del motor de combustión interna para dar respuesta a muchas incertidumbres que puedan surgir en el desarrollo de los aspectos específicos de la solución a los problemas complejos de la contaminación atmosférica por vehículos automotores. En el tercer capítulo se definen las diversas áreas de investigación aplicada que se contemplaron inicialmente en el "Estudio Integral sobre la Conta-

minación Atmosférica en el Valle de Caracas" y cuya ejecución se ha realizado conforme a los comentarios incluidos en este capítulo. El cuarto capítulo está dedicado a la descripción de las actividades desarrolladas para hacer el diagnóstico de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas por vehículos automotores. En el quinto capítulo se presentan los resultados y en el sexto el análisis general de éstos así como también las alternativas de control y recomendaciones para reducir la contaminación atmosférica por vehículos automotores en el valle de Caracas.

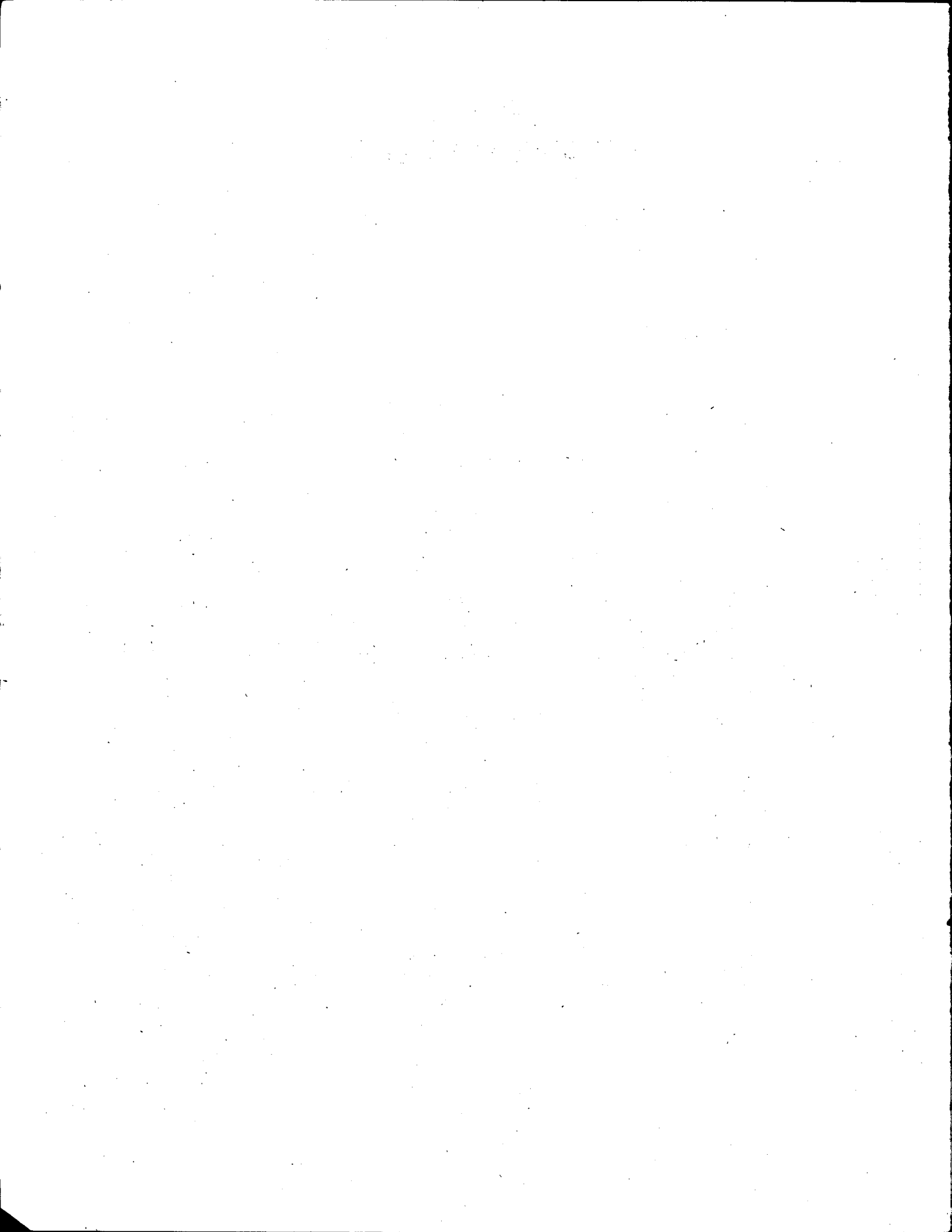
Se excluye la presentación de un capítulo específico de conclusiones y recomendaciones debido a que, como observará el lector, la conclusión fundamental es la presencia de un problema de contaminación atmosférica cuyo principal elemento es el vehículo automotor, eje central del informe que se presenta. Por otra parte, las recomendaciones u observaciones pertinentes se presentan en cada una de las secciones correspondientes del Capítulo 6. Una presentación separada constituiría una repetición bastante substancial del citado capítulo.

En la presentación del informe no se pretende en forma alguna incluir conceptos que pudiesen ser considerados como originales y cuya presencia sólo surge como una consecuencia propia de la dinámica de los trabajos de investigación.

Finalmente, el contenido global del informe constituye un aporte al desarrollo de las estrategias para el control de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas y de hecho se presenta, a juicio de su principal autor, un documento donde se reúne la contribución de la experiencia de notables consultores internacionales con la formación elemental fundamental de los profesionales universitarios y técnicos venezolanos a cuyo cargo ha estado la programación y la ejecución completa de todas las actividades contempladas en esta investigación.



CAPITULO 1
GENERALIDADES



INTRODUCCION

El problema de la contaminación atmosférica no es nuevo. Cualquier revisión bibliográfica sobre el tema permite señalar que en nuestro planeta se han realizado esfuerzos para controlarlo por lo menos desde el Siglo XIII. Sin embargo, los mayores esfuerzos se han realizado durante la segunda mitad del actual Siglo XX.

La importancia dada a este tipo de problema del ambiente ha sido aumentada progresivamente. En un principio, la lucha contra la contaminación del aire se basaba en la noción de "molestia pública". Hoy en día, la complejidad e importancia del mismo se destaca a través de diversos aspectos relevantes como los constituidos por los problemas de salud, aumentos significativos de enfermedades crónicas asociadas con causas específicas de origen químico y físico; disminución apreciable de la visibilidad, factor de muchos accidentes de tráfico; daños de la vegetación y la fauna por la presencia de contaminantes atmosféricos; daños a los materiales en general; para citar a título de ejemplos algunos aspectos estrechamente vinculados con la contaminación atmosférica.

1.1 CONTAMINACION ATMOSFERICA. CONSIDERACIONES PREVIAS.

Es evidente la importancia de la conservación o protección del recurso aire. Este no sólo nos protege de condiciones extremas de temperatura y radiaciones provenientes del espacio exterior a nuestro planeta sino que constituye un elemento vital para la vida del hombre. Así, a título de ejemplo, cabría citarse que el hombre podría sobrevivir de treinta a cuarenta días no ingiriendo comida; resistir hasta tres días sin agua, pero no podría sobrevivir más de cinco minutos cuando le faltase el aire. El oxígeno, uno de sus constituyentes es fundamental dentro del aspecto conservacionista del aire. Este es utilizado por microorganismos, plantas y en general por todos aquellos que habitamos en la tierra. El dióxido de carbono y el agua se producen gracias a procesos químicos cumplidos a nivel celular. Pero, así mismo el oxígeno es consumido en cantidades apreciables por diversos procesos implícitos en las actividades del hombre. En ellas, no sólo se hace empleo de este elemento vital para el hombre, regenerado en lentos procesos de fotosíntesis, sino que se producen numerosísimos compuestos químicos que contaminan al aire.

En el estricto sentido de la palabra, el aire se contamina cuando se le añaden sustancias que originalmente no forman parte de su composición. Hoy en día, la lista de sustancias de este tipo es bastante larga y no hay duda de que pueda superar con facilidad el millar o más. Sin embargo, desde el punto de vista de control de la contaminación atmosférica, sólo unas pocas sustancias se encuentran en la atmósfera con propiedades perjudi-

ciales para la salud del hombre y la conservación de otros recursos naturales. Por consiguiente, a los efectos de una identificación convencional de la contaminación atmosférica se la ha definido como la presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes del aire o combinaciones de éstos en cantidades y duración de su presencia tales que sean potencialmente dañinos a la vida del hombre, las plantas y de los animales, a la conservación de los materiales en general, o que interfieran con el bienestar de la vida, incluyendo la protección de las propiedades y la conducción de todo tipo de actividad del hombre.

Es obvia la necesidad de establecer criterios científicos para que esta concepción general del problema pueda ser manejada sin inequívocos. Estos criterios por lo general se relacionan con:

- a) Daños o efectos peligrosos sobre la salud, el bienestar, la recreación, las condiciones de vida y la seguridad de las personas;
- b) Daños a las propiedades, de cualquier tipo;
- c) Interferencia con el manejo de las actividades industriales, comerciales y de transporte.

Estos criterios no son los únicos y en la medida que el hombre incursione en diversas áreas del saber científico se incluyen otros aspectos, como por ejemplo relaciones entre factores meteorológicos y producción de contaminantes atmosféricos.

Generalmente, las definiciones de los límites permisibles de concentración de contaminantes son las bases fundamentales para el control de la contaminación atmosférica. Cualquier descarga de materiales a la atmósfera que interfiera con alguno de los derechos para respirar aire "limpio" es un problema de contaminación atmosférica.

Un ejemplo de factor objeccionable, típico de muchos centros urbanos del mundo, es el comúnmente conocido como "smog". Ahora bien no todos los "smog" son idénticos. Uno plenamente identificado como el de los episodios de Londres se caracterizó por los siguientes efectos: irritación de los tejidos del tracto respiratorio, reducción de la visibilidad, daños a las prendas de vestir y a la propiedad en general, aumento de la corrosión de metales y piedras. Como causa fundamental se identificó la combustión de combustibles con alto contenido de azufre y condiciones climáticas de frío y humedad. Sus efectos se destacan por significativos incrementos en las tasas de mortalidad en los momentos de ocurrencia de los episodios.

Otro tipo plenamente identificado es el de Los Angeles. Este tipo de "smog" conocido como smog fotoquímico o niebla fotoquímica, ocurre comúnmente en las comunidades donde hay gran número de vehículos automotores y otras fuentes de combustión. Como la denominación "fotoquímica" lo implica, los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno de esas fuentes reaccionan durante los días húmedos y de sol brillante para formar el "smog". Este tipo se caracteriza por causar irritación de

la vista, reducción de la visibilidad, daños a la vegetación y deterioro de los productos de caucho.

Es obvio que, de acuerdo a las condiciones meteorológicas predominantes y a las características de las fuentes de contaminación del aire, uno de estos dos tipos de "smog" se puede presentar en una comunidad.

1.2 VENEZUELA Y LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.

Venezuela no escapa a este fenómeno y a los fines de establecer mecanismos de control ajustados a los requerimientos de la magnitud del problema en las diversas regiones del país, el Estado inicia, en octubre de 1974, las actividades específicas del "Estudio Integral sobre la Contaminación Atmosférica en el Valle de Caracas y Ciudades Francisco Fajardo y Diego de Losada".

Hasta el 1º de abril de 1977, el Estudio estuvo a cargo del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS). A partir de esa fecha quedó a cargo del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR) debido al inicio de sus actividades y al traslado de la División de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental (DISCA) del MSAS al MARNR con carácter de Dirección de Investigación del Ambiente, con mayores responsabilidades que las correspondientes dentro del MSAS.

Es importante destacar que desde el inicio de este Estudio se estableció que no interferiría, ni habría de hacerlo en ningún momento, con la puesta en vigencia de aquellas medidas evidentes de control que pudieran y debieran ser tomadas de inmediato o a corto plazo, como por ejemplo, el mejoramiento del tránsito de vehículos automotores, medida de comprobada eficiencia en la disminución de niveles de concentración de algunos contaminantes en la atmósfera; el mejoramiento de las condiciones de operación en procesos de combustión; la instalación de sistemas de control de la contaminación atmosférica en procesos industriales que carecen de los mismos, para disminuir los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera; para citar algunos casos. En el Capítulo 3, en párrafos dedicados en forma específica al citado Estudio se hacen comentarios pormenorizados en relación con su alcance.

Antes de 1974, el Estado hizo esfuerzos para desarrollar diferentes actividades sobre contaminación atmosférica. Así, en 1968 se iniciaron actividades de determinación de contaminantes, cualitativa y cuantitativamente muy restringidas, a través de un programa conjunto con un Organismo Internacional, la Oficina Sanitaria Panamericana de la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, la importancia que se le ha dado al problema coincide con la evolución natural en los países industrializados y sólo a partir de 1974 el Estado toma real conciencia del problema, iniciando el Estudio antes mencionado. Posteriormente, esta acción se refuerza, a mediados de 1976, con la promulgación de la Ley Orgánica de Protección del Ambiente.

1.3 EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE CARACAS.

El inicio en 1974 del "Estudio Integral sobre la Contaminación Atmosférica en el Valle de Caracas y Ciudades Francisco Fajardo y Diego de Losada" y su ejecución ininterrumpida en las diferentes áreas de investigación, permite definir que el control de los vehículos automotores constituye el mayor esfuerzo a realizar por el Estado para disminuir la contaminación atmosférica en el valle de Caracas. Esta acción prioritaria de control de fuentes de contaminación atmosférica no debe, sin embargo, descuidar el control de las fuentes estacionarias o fijas de contaminación atmosférica. Estas, por las características de cada caso particular, son en muchas situaciones reales más peligrosas para el sector de la población expuesta que las originadas por los vehículos automotores.

Completadas en su primera fase, las actividades contempladas en la investigación sobre las emisiones de contaminantes a la atmósfera por vehículos automotores en el valle de Caracas, se presentan algunas consideraciones previas relacionadas con esta fuente de contaminación para ubicar el informe correspondiente dentro de la compleja problemática del control de los vehículos automotores en el campo de la contaminación atmosférica.

1.4 CARACTERISTICAS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA POR VEHICULOS AUTOMOTORES

La contaminación atmosférica producida por vehículos automotores constituye hoy en día uno de los problemas de mayor significación, en este campo, en el medio urbano. Los vehículos de motor emiten directamente a la atmósfera un número de contaminantes potencialmente perjudiciales a la salud de las personas, a la vegetación, a la fauna y contribuyen, además, al deterioro del medio ambiente.

Numerosos trabajos de investigación relacionados con los diferentes contaminantes presentes en los "escapes" de los automóviles se han realizado en los países altamente industrializados durante las dos últimas décadas. En la ejecución de estos trabajos de investigación no solamente han estado presentes las instituciones gubernamentales sino también la industria privada, fundamentalmente, la industria automotriz que como consecuencia de las leyes, cada día más estrictas para el control de los efluentes gaseosos a la atmósfera, se ha obligado a desarrollar una serie de investigaciones específicas para mejorar las condiciones de operación de los vehículos automotores.

Sin embargo, actualmente se encuentran dificultades técnicas que necesitan resolverse para un control adecuado del problema. En diversas oportunidades la aplicación de una determinada técnica para resolver el problema correspondiente a un determinado contaminante de la atmósfera, constituye un elemento negativo al ge-

nerarse otro u otros contaminantes cuya acción negativa es similar o peor a la del originalmente controlado.

Como se mencionó anteriormente, la acción contaminadora de la atmósfera por los vehículos automotores constituye en el medio urbano uno de los problemas más importantes. Esta importancia se deriva de la diversidad de elementos contaminantes, productos de un proceso de combustión, que inciden en diversos aspectos sobre la salud de las personas cuando las concentraciones alcanzadas en la atmósfera son superiores a determinados niveles.

Aunque el conocimiento de hechos relacionados con la complejidad del problema de la contaminación atmosférica por el concurso de diversos contaminantes está difundido universalmente se observa, sin embargo, que se le ha dado una importancia considerable a la presencia del monóxido de carbono. En algunos casos subestimando a otros contaminantes que aún estando en concentraciones mucho más bajas, potencialmente son tanto o más peligrosas que el monóxido de carbono.

Al evaluar los contaminantes lanzados a la atmósfera por los vehículos automotores debemos distinguir, en primer lugar, los tipos de vehículos: a) motores de encendido por chispa; y, b) motores Diesel.

Los primeros presentan cuatro fuentes de contaminación que son el tubo de escape, el cárter, el carburador y el depósito de gasolina. Con la excepción de la primera fuente, el contaminante presente es producto de la evaporación de hidrocarburos. En el caso del tubo de escape, la mezcla de contaminantes está constituida por monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Estos últimos, junto con los hidrocarburos en presencia de condiciones atmosféricas favorables constituyen un aspecto muy importante que por sí sólo merece consideración especial, como lo es el estudio de la formación del denominado "smog" responsable no sólo de episodios dramáticos de mortalidad y morbilidad en los seres humanos sino también de una reducción considerable de la visibilidad, responsable a su vez de accidentes de tránsito.

La naturaleza de los hidrocarburos y su reactividad varían según la fuente de emisión. Las pérdidas por evaporación están formadas por sustancias, sobre todo las más volátiles, que entran en la composición de la gasolina. Los hidrocarburos procedentes del cárter contienen una pequeña proporción de productos de descomposición parcial y los del tubo de escape consisten principalmente en productos de descomposición. La composición química de los hidrocarburos ha sido objeto de estudios que han permitido aislar e identificar numerosos compuestos. Estos estudios son muy significativos ya que el índice de reacción fotoquímica en la atmósfera está estrechamente ligado a la estructura del hidrocarburo de que se trate. Las olefinas y los hidrocarburos aromáticos substituidos son los que presentan la mayor reactividad. A su vez, la composición relativa de los hidrocarburos efluentes depende del tipo de gasolina empleada.

Por otra parte, las concentraciones y la proporción de los hidrocarburos, del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno varían considerablemente según las condiciones de utilización del vehículo. Sin embargo, en los estudios orientados a las determinaciones de concentraciones de contaminantes en función de las condiciones de utilización del vehículo no suministran una información exacta de las cantidades emitidas debido a las variaciones de volúmenes de gases que complican las mediciones y cálculos. Por ello, se emplean como índices más satisfactorios para estos fines bien el peso de contaminantes emitidos por unidad de tiempo o el peso de contaminantes emitidos por distancia recorrida. Al tomarse éste como referencia, se ha comprobado que la composición y la cantidad de los gases de escape dependen de la velocidad media del vehículo en una ruta determinada. Por consiguiente, las condiciones de la circulación en una ciudad influyen sobre la contaminación general del aire.

Otros contaminantes son productos de aditivos de las gasolinas como el tetraetilo de plomo. Así, la contaminación de la atmósfera por plomo procedente de los vehículos automotores se debe a este aditivo para impedir detonaciones. La mayor parte de sus productos de descomposición pasa a la atmósfera en forma de partículas dispersas pero alrededor de un tercio queda en el motor y el tubo de escape ó sale en forma de partículas más gruesas. Entre los compuestos identificados figuran el cloruro, el bromuro, el sulfato, el óxido y el fosfato de plomo.

En el caso de los motores Diesel las emisiones de monóxido de carbono son mucho menores que las de los motores de gasolina. Además, los gases de escape no contienen plomo. Las concentraciones de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno son casi las mismas que las de los motores de gasolina. Sin embargo, es muy notable la contaminación atmosférica que producen por la emisión frecuente de humos visibles y gases nauseabundos.

Tanto los motores de gasolina como los motores Diesel pueden emitir contaminantes no incluidos entre los mencionados. Así, los carburantes Diesel suelen contener más azufre que la gasolina, por lo cual los motores Diesel pueden emitir dióxido de azufre. En lo que a partículas dispersas se refiere, también se han identificado en los gases de escape de ambos tipos de motores diversos hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Aspectos adicionales que generalmente no se incluyen en los estudios realizados en relación con la contaminación atmosférica por vehículos automotores los constituyen el polvo procedente del frotamiento de los neumáticos con la carretera y las partículas de amianto producidas por el desgaste de la guarnición del freno. Generalizando más, el ruido es otro de los riesgos de especial atención y hoy en día tiende a ser incorporado en el manejo del control de la contaminación atmosférica.

1.4.1 Solución integral del problema de la contaminación atmosférica por vehículos automotores.

El tema de la contaminación atmosférica producida por los vehículos automotores constituye uno de los aspectos más complicados en la solución integral del problema. En Caracas, como caso particular; Venezuela, como área más amplia de estudio y en la mayoría de los países del mundo donde la industrialización y la expansión económica exigen una gran movilización, los vehículos automotores desempeñan una función importante en relación con el transporte, tanto en el sector privado como en el sector público. Por otra parte, la posesión de un automóvil constituye una de las mayores aspiraciones de una gran porción de la población y de hecho este fenómeno de ineludible atención constituye un factor limitante y complejo, en el control absoluto del problema.

Por su peculiaridad, se reconoce que el automóvil provee una excepcional movilidad y frecuentemente es el medio más conveniente para el transporte individual. Esto determina como consecuencia una circulación de automóviles en tal cantidad como para producir serios problemas de contaminación atmosférica.

La consideración de estos factores en la solución del problema de la contaminación atmosférica por vehículos automotores es importante dentro de un marco de referencia mucho más amplio. En este último, la presencia de aspectos individualmente complejos de carácter social, económico, científico, técnico y político determinan la necesidad de realizar diagnósticos de la situación y presentación de alternativas de control no limitadas a sólo un parámetro de evaluación. Cada uno de éstos podría determinar una acción de control satisfactoria para una situación particular pero que no resuelve el problema de la contaminación atmosférica para el área de estudio a largo plazo. Por ello, un análisis de las alternativas de control enmarcadas dentro de este esquema general de la solución integral del problema es fundamental.

1.4.2 Evolución histórica en la concientización acerca del problema de la contaminación atmosférica por vehículos automotores.

Al particularizar el enfoque de la complejidad del problema de la contaminación atmosférica producida por los vehículos automotores, evaluada directamente sobre la fuente y no sobre los complejos factores globales para la solución del mismo, podemos observar que históricamente apenas se le prestó atención a los vehículos automotores en la época de los tristemente célebres episodios de Londres y Donora, que causaron numerosas víctimas.

Aunque se habían practicado numerosos análisis y éstos habían revelado la presencia de concentraciones apreciables de monóxido de carbono en las calles de muchas ciudades, la actitud general frente a ese fenómeno era de tolerancia.

Sólo se le prestó la atención debida cuando el problema de la contaminación fotoquímica en Los Angeles alcanzó proporciones alarmantes y se demostró el papel que desempeñaban a este respecto los vehículos automotores. Durante algún tiempo se pensó que la contaminación fotoquímica era un problema exclusivo de Los Angeles o, todo lo más, de California.

Hoy en día, se ha comprobado que este fenómeno no es exclusivo de Los Angeles. Existe en todas aquellas regiones donde se encuentran a la vez un número considerable de vehículos automotores en circulación, un régimen de vientos ligeros, inversiones de temperatura frecuentes y prolongadas, y una intensa luz solar. Las características del fenómeno son específicas para cada caso y por consiguiente cada región requiere de un estudio pormenorizado de la situación para definirlo.

Así, al reconocerse la importancia de los vehículos automotores en la contaminación del aire se inician de inmediato numerosos trabajos de investigación en este campo del conocimiento científico y procesos de carácter legislativo a todos los niveles en los países industrializados. Este interés a su vez se ha reflejado en la concientización de numerosísimas comunidades para reconocer, evaluar y adoptar las medidas de control más recomendables a la luz del conocimiento científico y arte del desarrollo técnico para realizar el control de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, no ya sólo en los países industrializados sino también en aquellos en vía de desarrollo.

1.4.3 Principales parámetros para definir las emisiones de contaminantes atmosféricos por vehículos automotores.

Una presentación completa de los parámetros para definir las principales emisiones de contaminantes atmosféricos por vehículos automotores se hace en el Capítulo 2. Sin embargo, a continuación, se hacen unas breves consideraciones al respecto.

Como se mencionase, los principales componentes de las emisiones a la atmósfera de los vehículos de los motores de combustión interna son los productos de la oxidación completa del combustible, dióxido de carbono y agua, y el nitrógeno contenido en el aire que alimenta a la cámara de combustión. Debido a que la oxidación es incompleta, el monóxido de carbono siempre está presente así como otros componentes menores, pero importantes desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, como el hidrógeno; hidrocarburos no quemados, hidrocarburos parcialmente oxidados, óxido nítrico y dióxido de azufre. Variaciones apreciables existen en la composición de los gases de escape de los vehículos de motores de combustión interna, dependiendo considerablemente de la edad del carro, uso y mantenimiento.

Como fuente individual, el motor de combustión interna ha provocado la curiosidad de los químicos porque fundamentalmente todo lo que ocurre dentro de la cámara de combustión del motor se puede representar por medio de reacciones químicas. Sin embargo, desde el

punto de vista estequiométrico existen grandes diferencias entre el cálculo teórico de las emisiones basados en las relaciones estequiométricas y los verdaderamente obtenidos a través de mediciones directas o a través de cálculos haciendo uso de factores de emisión de contaminantes, determinados en forma experimental

A través de éstos se pueden relacionar la cantidad, en peso, de los contaminantes emitidos por unidad de tiempo o por distancia recorrida. Se ha comprobado que la composición y la cantidad de los gases de escape son función de la velocidad media del vehículo en un itinerario dado. Por consiguiente, las condiciones de la circulación de vehículos en una ciudad deben estudiarse en la forma más completa posible porque influyen sobre la contaminación general del aire como se mencionó.

1.5 LEGISLACION.

Numerosas interrogantes pueden surgir al respecto. Entre ellas, las relacionadas con la necesidad de regular las emisiones de contaminantes a la atmósfera. El aire limpio es un recurso natural escaso en nuestra sociedad y que, a diferencia de otros recursos naturales, no acepta un uso selectivo. Por consiguiente es obligante la adopción de regulaciones, fundamentadas sobre criterios científicos, para lograr y mantener condiciones satisfactorias del aire, cualquiera que sea el lugar donde se le analice, medidas a través de niveles de concentración mínimos de contaminantes en la atmósfera, compatibles con la salud y bienestar de las poblaciones y con la conservación del ambiente. Por consiguiente, las emisiones de monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos no quemados, deben ser disminuídas con el objeto de mejorar la calidad del aire.

Es importante añadir que presuntamente otros contaminantes atmosféricos requieren de controles más rigurosos que los hasta ahora existentes y de que las limitaciones científicas, por la complejidad de las investigaciones a realizar, por lo general de muy larga duración, son las responsables de las omisiones correspondientes.

La fijación de los patrones en el aspecto legislativo y científico para el control de las emisiones está condicionada a una serie de factores entre los cuales el epidemiológico es el fundamental para su fijación. Sin embargo, no puede esperarse la obtención de evidencias epidemiológicas para proceder a la fijación de estos patrones si se toma en consideración que la información estadísticamente sustentada no se encuentra disponible en la mayoría de los casos. Ello no es más que una de las consecuencias del explosivo auge de los problemas de contaminación atmosférica, cuya metodología de ataque y solución de los problemas en el mejor de los casos sólo puede utilizar parcialmente las fuentes de información tal como ellas existen actualmente. Por consiguiente las evidencias de un determinado problema deben utilizarse aún partiendo de situaciones muy particulares. Este tipo de enfoque en la fijación de los patrones

de calidad del aire impone de hecho la continuidad de investigaciones para ajustar los valores inicialmente establecidos. Por lo general, este tipo de "ajuste" para diversos contaminantes se ha hecho en el sentido de ser más estrictos en los valores de las emisiones permitidas que los seleccionados inicialmente. Se analiza a continuación el caso particular del monóxido de carbono, no sólo por el amplio conocimiento que de él se tiene sino también por el hecho de encontrarse en grandes cantidades en la atmósfera de las ciudades, siendo los vehículos automotores el principal responsable de su presencia en ella.

1.5.1 *El monóxido de carbono como contaminante atmosférico.*

Los efectos del monóxido de carbono sobre la salud de las personas se discuten generalmente en términos de porcentaje de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre.

Al efecto, el monóxido de carbono forma carbo-oxi-hemoglobina al reaccionar con la hemoglobina de la sangre. Esta reacción es de tipo reversible. La velocidad de la reacción se relaciona con la concentración de monóxido de carbono que la persona respira. A mayor concentración de monóxido de carbono, mayor es la cantidad de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre. Si la persona vuelve a una atmósfera donde no existe monóxido de carbono, o su concentración es muy baja, el nivel de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre disminuye.

La disminución de la velocidad en los reflejos, la somnolencia y síntomas cardíacos asociados con la exposición a monóxido de carbono parecen indicar una proporcionalidad con el nivel de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre.

Ahora bien, para cualquier concentración de monóxido de carbono en el aire hay un nivel de equilibrio de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre que será alcanzado por la persona expuesta si ésta permanece en esa atmósfera por un tiempo prolongado. Así, una persona expuesta a una concentración constante de 30 p.p.m. (partes por millón) en el aire de monóxido de carbono durante 24 horas alcanzará a partir de la octava hora de exposición un nivel de 5% de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre.

A título de comparación, un individuo fumador de una cajetilla diaria de cigarrillos alcanza a un valor de 5% de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre.

Las evidencias hasta el momento disponibles indican que para niveles del 7% de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre pueden presentarse problemas para la salud. Particularmente, este nivel es considerado potencialmente peligroso para personas con problemas cardiovasculares. Corresponde este nivel a una concentración de monóxido de carbono en la atmósfera de 40 p.p.m. en forma continua y permanente. Es decir, se requiere una exposición continua a esta concentración para alcanzar el nivel de 7% de carbo-oxi-hemoglobina, pero este nivel puede ser alcanzado a otras concentraciones

en el aire superiores para un tiempo menor. Así por ejemplo para una exposición de media hora a una concentración de monóxido de carbono en el aire de 450 p.p.m. se alcanza a un nivel de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre de 7%. Sin embargo es importante tener en cuenta que la exposición al monóxido de carbono no siempre eleva la concentración de este gas en la sangre. Por ejemplo, una exposición continua a 25 p.p.m. de monóxido de carbono terminará dando una concentración de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre del 4% sea cual fuere la concentración inicial en la misma; una persona con una saturación inicial inferior al 4% absorberá el gas mientras que un fumador con una saturación inicial superior a ese porcentaje y que no siga fumando eliminará el gas hasta que alcance el punto de equilibrio del 4%

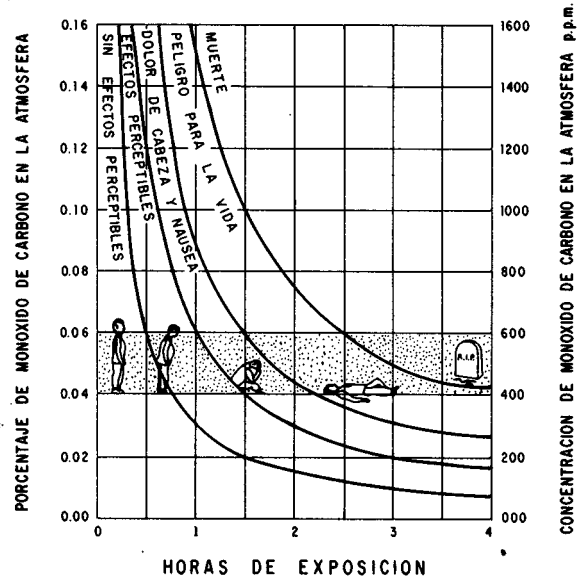
Generalmente se llama porcentaje de saturación de la sangre el porcentaje de carbo-oxi-hemoglobina, o sea, el porcentaje de hemoglobina que se une con el monóxido de carbono en vez de oxígeno. Los síntomas de intoxicación por monóxido de carbono son más o menos similares al grado de saturación. A continuación se indican los principales síntomas correspondientes a diferentes porcentajes de saturación de la sangre.

Porcentaje de saturación de la sangre.	Síntomas.
0 — 10	No hay
10 — 20	Una sensación de tensión en la frente, posibles cefaleas de poca intensidad.
20 — 30	Cefaleas y dilatación de los vasos sanguíneos cutáneos.
30 — 40	Cefaleas intensas, debilidad, desvanecimiento, oscurecimiento de la visión, náuseas, vómitos y colapsos.
40 — 50	Los mismos síntomas que en el caso anterior, pero algo más intensos.
50 — 60	Síncope, estado comatoso con convulsiones intermitentes.
60 — 70	Los mismos síntomas, agregándose depresión cardíaca y aún la muerte.
70 — 80	Pulso débil, respiración lenta y muerte.

En el campo científico se han presentado numerosas discusiones acerca de la existencia de intoxicación crónica por monóxido de carbono como entidad patológica. Hasta el presente la teoría predominante es la de que el monóxido de carbono no es acumulativo y al terminar la exposición es reemplazado por el oxígeno. Las exposiciones prolongadas al monóxido de carbono, en concentraciones moderadas, producen pérdida del apetito, perturbaciones del sistema digestivo y palidez como principales manifestaciones. Estas desaparecen cuando se aparta al individuo de la exposición.

El gas que sale por el tubo de escape de un motor de combustión interna que emplea gasolina como combustible contiene de uno (1) a siete (7) por ciento de

Figura 1



Efectos del monóxido de carbono (CO) sobre el hombre a diferentes concentraciones y tiempos de exposición.

monóxido de carbono. La variación depende de la proporción de aire y gasolina en la mezcla. El volumen de monóxido de carbono, aproximado, que un automóvil puede producir es de 28 litros por minuto por cada 20 H.P. (caballos de fuerza). Esto es suficiente para hacer la atmósfera de un garage de tamaño promedio mortífera en un período de aproximadamente cinco minutos si el motor está funcionando y las puertas del garage están cerradas. Un individuo que inhale tal atmósfera frecuentemente se vuelve inconsciente antes de darse cuenta de que está siendo afectado por el gas. Como resultado, hay muchos casos fatales por ese tipo de imprudencia. En la Figura 1 se presentan los efectos del monóxido de carbono sobre el hombre a diferentes concentraciones, expresadas en porcentajes y partes por millón (p.p.m.) para varios tiempos de exposición.

En particular, la importancia de las descargas de monóxido de carbono a la atmósfera por los tubos de escape de los vehículos automotores está no solamente relacionada con el grado de contaminación atmosférica sino también por los efectos de ésta sobre la capacidad de los conductores de dichos vehículos para realizar su función sin pérdida de efectividad tanto mental como física. En numerosas oportunidades la explicación de un determinado accidente de tránsito no encuentra una respuesta satisfactoria en relación con la causa que lo produjo. Aunque los experimentos más completos realizados hasta el momento no han establecido las posibles vías según las cuales pequeñas cantidades de monóxido de carbono pueden influir en la capacidad de respuestas del conductor, se puede estimar que los efectos de las concentraciones de monóxido de carbono, aún consideradas relativamente bajas, en las calles y avenidas de una ciudad podrían tener un efecto acumulativo o sinergismo en combinación con otros factores. Así, el

papel que desempeña el monóxido de carbono en la liberación de oxígeno a los tejidos es muy importante. De hecho, a la temperatura del cuerpo, la molécula de hemoglobina tiene una afinidad para la molécula de monóxido de carbono 210 veces superior a su afinidad para la molécula de oxígeno. Si un individuo padece de anemia o tiene una concentración de monóxido de carbono en su sangre determinada por sus hábitos de fumador, las concentraciones de monóxido de carbono existentes en las calles y avenidas de la ciudad, por pequeñas que éstas sean, podrían afectar al individuo si las condiciones son tales que éste pase de una situación casi crítica a un caso crítico determinado por este efecto acumulativo. Si a ello se le añaden otros posibles efectos de sustancias como el alcohol o drogas, medicinas, que tienen el mismo poder inhibitorio de transferencia de oxígeno a los tejidos, el efecto global de esta composición de factores pudiese ser crítico para el conductor del vehículo automotor. Aunque esta situación pareciera poco real para asumirla, no debe descartarse esta posibilidad y en consecuencia el tener límites muy estrictos de control de calidad del aire en relación con este contaminante conduce a una prevención de numerosos casos, posiblemente fatales, de exposición innecesaria.

Ahora bien, es preciso destacar que el comportamiento de los diferentes contaminantes atmosféricos no es similar a éste que se ha indicado. Al respecto, la acción del monóxido de carbono sobre la salud de las personas es diferente a la de otros contaminantes.

Tomando en consideración que la protección de la salud de las personas no solamente se refiere a las que se encuentran en condiciones física y fisiológicamente aceptables y que por consiguiente incluye a sectores de la población que son susceptibles a concentraciones bajas de monóxido de carbono en el aire, la fijación de los patrones de control se ha efectuado en varias regiones del mundo para una concentración de 9 p.p.m. de monóxido de carbono en el aire, que conducirían a un nivel de 2% de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre. Sin embargo, la fijación de estos patrones por lo general está sujeta a condiciones variables que deben ser investigadas. Aún en los países altamente industrializados se discute acerca de los patrones y las controversias son día a día mayores en base a la información epidemiológica disponible. Así, para el caso que se analiza, el patrón está basado en un estudio de Beard y Werthe en los Estados Unidos de Norte América. Los propios autores sugieren que la aplicación inmediata de las conclusiones de su estudio, considerado como limitado, no debe hacerse para el establecimiento de nuevos patrones de calidad del aire. Reafirman que es necesario efectuar más investigaciones relacionadas con las exposiciones a bajas concentraciones de monóxido de carbono en el aire.

1.5.2 Otros contaminantes atmosféricos.

Así mismo, para otros contaminantes se presentan situaciones más o menos similares a la del monóxido

de carbono. Para el dióxido de nitrógeno se plantean algunas dudas en relación con el método empleado en las determinaciones ambientales y las interpretaciones médicas. Los críticos del estudio, sin embargo, están conformes en aceptar un patrón de 0,25 p.p.m. de dióxido de nitrógeno para una hora de exposición hasta tanto no se disponga de resultados concluyentes que convaliden la adopción de límites de exposición inferiores. En el caso de los hidrocarburos se presenta una situación especial no sólo por la variedad de los mismos sino también por sus diversos grados de capacidad de reacción en la atmósfera para producir la bruma o niebla fotoquímica. Este fenómeno, muy común en las zonas urbanas, es causado por la combinación química, a la luz del sol, de hidrocarburos reactivos con óxidos de nitrógeno y correspondiente formación de ozono, nitratos de peroxiacilo, aldehidos y otros compuestos químicos complejos.

Particularmente, los estudios relativos a las reacciones fotoquímicas en la atmósfera han absorbido el tiempo y la preocupación de muchos investigadores, destacándose la importancia de dos variables: la fuente de contaminación y los factores meteorológicos. Por consiguiente, al fijar determinados patrones se recurre a experiencias muy locales. En este caso, los patrones para oxidantes fotoquímicos se han fundamentado en estudios epidemiológicos realizados en Los Angeles, E.U.A. Su establecimiento se basa en la evidencia epidemiológica del aumento de la frecuencia de ataques de asma en sujetos asmáticos cuando el promedio horario estimado de oxidante fotoquímicos alcanza a 0,10 p.p.m. (medido como ozono). Síntomas atribuidos a la presencia de oxidantes fotoquímicos son el incremento de ataques asmáticos, disminución de la capacidad física o atlética de las personas e irritación de los ojos.

La importancia que presentan los vehículos automotores en la formación del "smóg" fotoquímico es obvia. El volumen o carga de contaminantes arrojados por esta fuente a la atmósfera están relacionados con este fenómeno. De hecho, se estima que las horas críticas para la formación del "smog" guardan estrecha relación con los hábitos de transporte y condiciones meteorológicas favorables para la producción de oxidantes fotoquímicos.

En resumen, puede establecerse que la fijación de los patrones de control para la calidad de la atmósfera es una materia que encuentra dificultades no sólo por la necesidad de realizar numerosas investigaciones específicas, dada la variedad de la calidad y cantidad de contaminantes atmosféricos, sino también por la ausencia, en muchos casos, de evidencias epidemiológicas precisas para su fijación. Sin embargo, las medidas de control basadas en las evidencias parciales existentes son necesarias y se adoptan como medidas preventivas si se toma en consideración que las investigaciones fundamentalmente deben estar orientadas hacia la definición precisa de la magnitud del problema de la contaminación atmosférica como un aspecto global y no particularizado para determinada fuente, aunque el estudio individual

de cada una de las fuentes de contaminación es obligatorio así como sus relaciones con las condiciones meteorológicas, topografía, epidemiología, hábitos sociales y políticos de desarrollo económico. Sólo así, la solución a largo plazo del problema de la contaminación atmosférica será posible.

1.6 METODOS DE CONTROL DE LAS EMISIONES DE LOS CONTAMINANTES POR VEHICULOS AUTOMOTORES.

Las emisiones de contaminantes a la atmósfera para un vehículo convencional sin sistemas de control para ellas, se originan en el tanque de combustible, carburador, carter y tubo de escape. En éste, se desprende la totalidad del monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno así como también cerca de la mitad de los hidrocarburos sin quemar. La formación de estos contaminantes en la cámara de combustión está determinada por diversos factores tales como relación aire-combustible, tiempo y calidad de la ignición, vacío en el múltiple, relación de compresión del motor, velocidad y carga del motor, la distribución de combustible entre cilindros y en los mismos, temperatura de enfriamiento del motor y configuración de la cámara de combustión.

Por consiguiente, los métodos de control están sujetos a la clasificación general de sustitución (de parte de equipos, combustible), modificación de procesos y adición de dispositivos, entre otros. Así, sistemas de inyección de aire, en el múltiple a nivel de cada válvula de salida, son empleados para oxidar el monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados, y por consiguiente para minimizar la formación de contaminantes en los cilindros.

Así mismo, se han estudiado las posibilidades de alterar las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos constituyentes o el contenido de sus aditivos. Así, el uso de gas licuado de petróleo ha sido promovido. Sin embargo, dificultades operacionales, económicas y posiblemente técnicas al no resolver el problema en áreas urbanas, han limitado la expansión de este método. Alternativas como las del uso de automóviles que empleen turbinas de gas, máquinas de vapor, electricidad, entre otros, han sido motivo de estudios sin que hasta la fecha se hayan encontrado resultados que satisfagan no sólo la solución de los problemas de contaminación atmosférica sino también las exigencias del público.

El uso de catalizadores y el empleo de gasolina sin aditivos a base de plomo, constituyen hoy en día los métodos de control más explotados para los vehículos nuevos. Para los vehículos correspondientes a años anteriores se promocionan diferentes dispositivos que por lo general están relacionados con el control de la mezcla aire-combustible. En el caso del empleo de catalizadores para el control de las emisiones se han hecho observaciones relativas a la posible presencia de contaminantes potencialmente peligrosos a la salud de las personas.

En efecto, la gasolina contiene pequeñas cantidades de azufre, en el orden de 0,01%. Al producirse la combustión, en un automóvil sin catalizadores para el control de efluentes gaseosos, el azufre se oxida a dióxido de azufre. Sin embargo, la carga total de estas emisiones por vehículos automotores resulta insignificante (en el rango del 1% de todo el dióxido de azufre lanzado a la atmósfera) y por ello ha sido de limitada consideración. Al emplearse catalizadores, éstos tienden a convertir el azufre a sulfatos que representan, al menos en las zonas urbanas a nivel de calles, compuestos más peligrosos para la salud de las personas en áreas de alta densidad de tráfico.

El empleo de gasolina sin aditivos a base de plomo constituye una necesidad, para los vehículos que tienen catalizadores destinados al control de los contaminantes en los tubos de escapes, porque éstos constituyen un veneno para el catalizador. Además, el empleo de este tipo de combustible significa una modificación en el funcionamiento de los motores al bajarse la relación de compresión.

Factores adicionales relacionados con disminuciones en el peso de los vehículos, eliminación de equipos opcionales como aire acondicionado y modificaciones en los cauchos, conducen a un ahorro en combustible favoreciendo la disminución de emisiones por vehículos automotores.

1.7 IMPACTO ECONOMICO GENERAL.

Las emisiones de los vehículos automotores constituyen un ejemplo de lo que los economistas denominan efectos externos, de gran significación en el desarrollo económico, los cuales no están incluidos dentro del costo individual de la adquisición de un automóvil. Así, una persona que posee un automóvil contribuye a la expansión económica de cualquier región a través de la creación de industrias y servicios necesarios para su producción y operación.

Esto significa que dentro del actual esquema de desarrollo económico de los llamados países industrializados y de los que se encuentran en esa vía, la industria automotriz y sus actividades asociadas, elaboración de piezas de repuesto, distribución de combustible, para citar algunos casos, es un elemento importante en el Producto Nacional Bruto y provee además una fuente de empleo substancial, en términos relativos de empleo de mano de obra en el sector industrial.

La fijación de los patrones de emisión de contaminantes, elemento legal para el control del problema, requiere que cada vehículo no emita más que una cantidad específica, fijada en masa (gramos), de contaminantes atmosféricos por distancia recorrida, generalmente medida en kilómetros y expresados estos patrones como gramos por kilómetro. Esta regulación es idéntica para todos los vehículos automotores, independiente del tamaño, diseño y consumo de combustible. Sin embargo, algunas variaciones se contemplan por lo general para tipos específicos

de vehículos tales como camiones de trabajo liviano y pesado, debido a consideraciones muy particulares.

El empleo de la técnica más avanzada al grado de desarrollo tecnológico actual en el campo del control de la contaminación atmosférica por vehículos automotores, como lo es el uso de los convertidores catalíticos, exige quemar gasolina sin plomo. Este hecho incide en la fijación de los patrones de refinación de crudos y en el acondicionamiento de las bombas de gasolina para ajustarse a las necesidades de suministro del combustible sin plomo. Esto indudablemente trae como consecuencia un aumento en los respectivos costos de los proyectos de modificaciones a nivel de la industria petrolera.

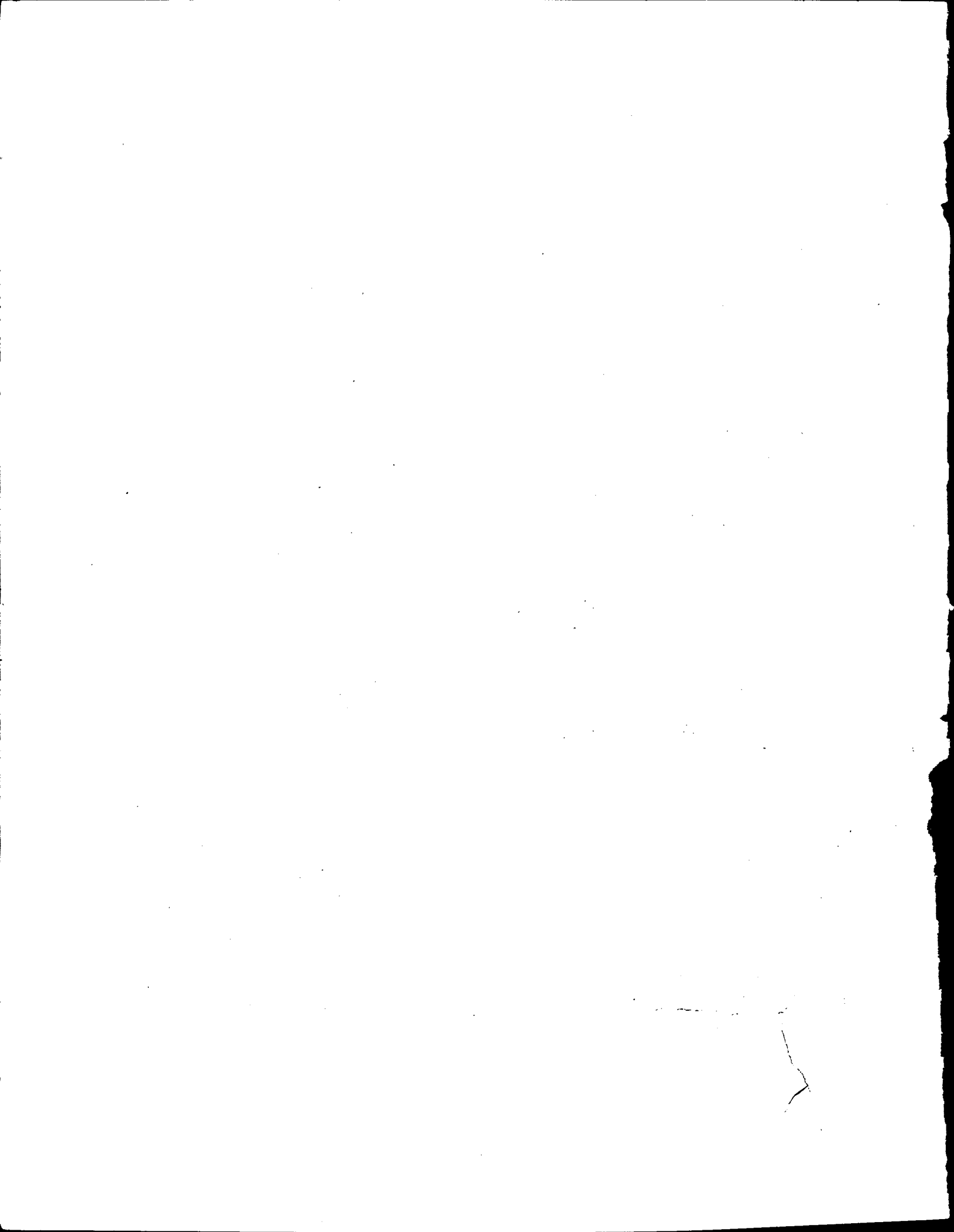
Aunque no se descarten adelantos tecnológicos que permitan mejorar el control obtenido por los convertidores catalíticos actualmente empleados reemplazándolos por convertidores catalíticos de tres fases, se estima que la producción comercial de estos últimos no será posible en los países altamente industrializados hasta el año 1982.

Aún pensando en las mayores reducciones de emisiones de contaminantes a la atmósfera por los nuevos modelos de vehículos automotores, quedan todavía modelos de carros no dotados de estos sistemas, los cuales contribuirían desproporcionadamente, por su cantidad, a mantener vigente el problema de la contaminación atmosférica

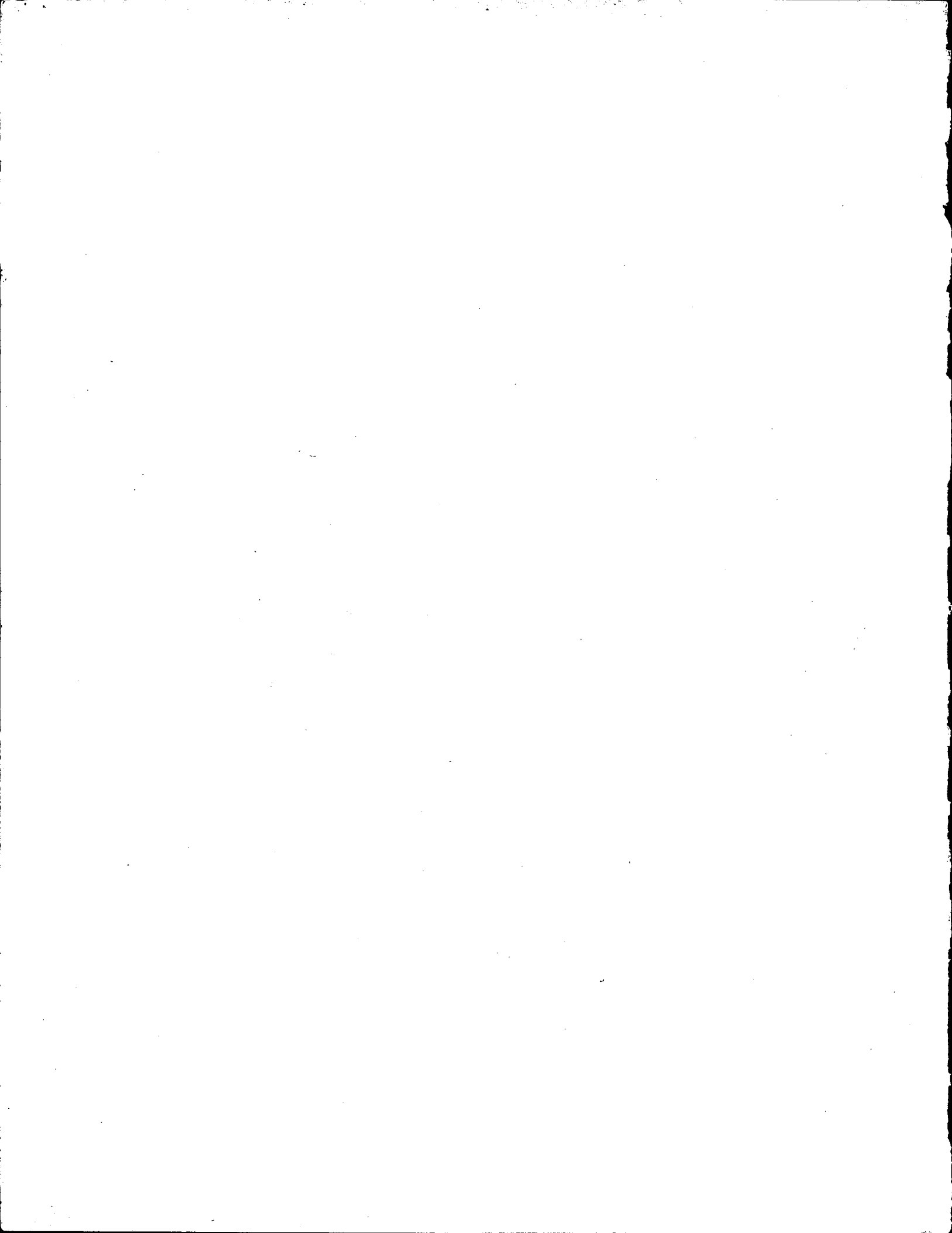
por vehículos automotores. Técnicamente es posible reducir las emisiones de estos vehículos por medio del empleo de dispositivos para ello, aunque por lo general es difícil alcanzar los niveles de emisión de contaminantes permisibles en los países altamente industrializados.

Una de las mayores limitaciones estratégicas para llevar a cabo una medida de esta naturaleza es la de la necesidad de reforzar la infraestructura, a nivel gubernamental, capaz de evitar el engaño a los consumidores como consecuencia de la colocación en el mercado de estos dispositivos por parte de inescrupulosos a través de una promoción de ventas no ajustadas a los verdaderos alcances de la medida. Además, los requerimientos de mantenimiento y supervisión adicionales para asegurar el éxito de un programa de este tipo exigen la preparación de recursos humanos en cantidad y calidad suficientes, de la provisión de centros de control permanente dotados de equipos e instrumentos que garanticen evaluaciones idóneas y de la autoridad suficiente para llevarlo a cabo.

A la luz de los comentarios anteriores es evidente que los consumidores verán aumentados los costos de las unidades automotoras al ser llevado a cabo un programa de control basado en la incorporación de dispositivos apropiados para este fin, en todas las unidades que se ensambren en el país, a partir de la fecha que el Poder Ejecutivo fijase.



CAPITULO 2
EL MOTOR DE
COMBUSTION INTERNA



Como se indicara en el Capítulo 1, los vehículos automotores, de combustión interna, constituyen la principal fuente de contaminación atmosférica en los medios urbanos. Esta condición pudiera reemplazarse en la medida que la tecnología avanzase en el sentido de utilizar fuentes de energía que permitiesen la sustitución de los actualmente generalizados motores de combustión interna por otros. No obstante, en un futuro previsible, la mayor parte de los vehículos continuarán moviéndose por motores de combustión interna, entre los cuales debemos distinguir dos tipos: a) motores de encendido por chispa; y, b) motores diesel. Ambos tipos queman combustibles destilados del petróleo bruto. En condiciones ideales de combustión, cualquiera de los dos tipos de motor, utilizando con buen rendimiento un hidrocarburo puro, proporcionaría unos gases de escape compuestos solamente de vapor de agua, anhídrido carbónico o dióxido de carbono, nitrógeno y posiblemente algo de aire sin alterar, lo que constituye una mezcla de gases similar a la exhalada por todo animal que respira y que no podría considerarse como contaminadora de la atmósfera. Sin embargo, esta condición ideal dista mucho de cumplirse en la práctica y por consiguiente se estima conveniente incluir en este Capítulo una serie de consideraciones importantes relacionadas con el motor de combustión interna, sin pretender con ellos agotar todo el conocimiento que sobre este tema se tiene hoy en día.

2.1 MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA.

La gasolina de motor es el combustible universalmente empleado en los motores de combustión interna de encendido por chispa. Aunque varias alternativas se han presentado para sustituirla, en el estado actual del arte y la ciencia para lograr este objetivo se han encontrado diversos problemas y por ello se estima que el empleo de la gasolina como combustible se mantendrá por un período de tiempo relativamente substancial, salvo que con el desarrollo científico en los estudios de investigación sobre diferentes fuentes alternas de energía surjan soluciones aplicables a corto plazo.

El motor de gasolina es un motor térmico de combustión interna que desarrolla potencia quemando una mezcla de gasolina y aire en los cilindros del motor. Este motor está proyectado para operar con el principio del ciclo de cuatro tiempos. Cada carrera es un movimiento del pistón, hacia arriba o hacia abajo, en su cilindro. Los tiempos ocurren en la secuencia siguiente: admisión, compresión, ignición y escape. Esta secuencia se realiza de forma tal que, en primer lugar, la mezcla de combustible, en la forma de vapor o aerosol, y aire es impulsada a una cámara de combustión equipada con un pistón movable. La mezcla es comprimida y se produce su ignición por medio de una bujía. En este momento, una combustión controlada tiene lugar, produciéndose la potencia que es mecánicamente transmitida por el cigüeñal. Finalmente, los gases producidos en la combustión son lanzados a la atmósfera.

En sí, el corazón de la planta generadora de potencia en un motor es la cámara de combustión.

El número de cilindros, con arreglos apropiados para funcionar según una determinada secuencia, para producir la potencia liberada a la transmisión varía normalmente entre cuatro y ocho. En su parte superior cada cilindro está provisto de una bujía para iniciar la combustión y de dos válvulas: una para la entrada de aire y combustible; y otra para la descarga de los gases quemados.

En la parte inferior de la cámara de combustión se encuentra un pistón movable, el cual se conecta a la transmisión por medio de una varilla o sistema de conexión.

El ciclo de operación de la cámara de combustión puede interpretarse en la forma siguiente: cuando el pistón se encuentra en la parte superior de la cámara deja sólo un volumen pequeño libre en el cilindro. A medida que el pistón desciende por la acción de rotación del cigüeñal, la válvula de entrada de aire y combustible se abre, encontrándose la válvula para la descarga de los gases quemados cerrada, y una mezcla proporcional de gasolina y aire del carburador es llevada a los cilindros a través del múltiple. Cuando el pistón alcanza la parte inferior de su carrera, la válvula de entrada de la mezcla se cierra. La acción del cigüeñal entonces mueve el pistón hacia la parte superior, comprimiendo la mezcla gaseosa de combustible y aire. La presión real en este momento depende de la relación de compresión del motor que es la relación del volumen del cilindro cuando éste ha alcanzado el punto final de su carrera descendente y el volumen del cilindro cuando éste se encuentra en el punto final de su carrera ascendente, o sea, cuando el pistón se encuentra en la parte superior de la cámara. En el justo momento que el pistón alcanza el punto final de su carrera ascendente un pase de corriente eléctrica se produce entre los electrodos de la bujía. El vapor de la gasolina comprimida se quema rápidamente, causando un aumento del volumen de los gases, debido a la formación de dióxido de carbono y vapor de agua así como también al aumento de la temperatura. La presión originada por esta combustión empuja al pistón hacia abajo, y la potencia se transmite al cigüeñal. Poco antes de que el pistón alcance su punto final en la carrera descendente, la válvula para escape de los gases de combustión se abre y el pistón completa su carrera descendente y comienza a subir de nuevo. Los gases calientes, producto de la combustión son lanzados a través del múltiple, silenciador y tubo de escape del automóvil. La válvula de escape de los gases se cierra, la válvula de entrada de combustible y aire se abre, y el cilindro se encuentra de nuevo listo para recibir una carga fresca de aire y gasolina, repitiéndose el ciclo. En cada ciclo de este tipo el cigüeñal completa dos revoluciones. En la medida que la velocidad del motor varía, desde aproximadamente 400 rpm en mínimo a 4.000 rpm a alta velocidad, en cada cilindro se producen de 200 a 2.000 chispas por minuto. Simultáneamente con el producto básico de generación de potencia, el motor la produce en cantidades variables al capricho del conductor del

vehículo. Esto permite establecer cuatro fases del ciclo de operación del motor: mínimo, aceleración, mantenimiento de la velocidad y desaceleración. Las características de cada una de estas fases, comúnmente llamadas modos de operación son de importancia extrema en la determinación de la eficiencia de la combustión del motor de combustión interna.

2.1.1 Modos de operación del motor de combustión interna.

A) Operación en mínimo.

En mínimo, se requiere una potencia baja para mantener al motor en funcionamiento. La mezcla normal de aire-combustible (11:1 a 12,5:1) se encuentra del "lado rico" comparada con la relación estequiométrica de 15,2:1.

El motor funciona a una velocidad en el rango de 400 a 500 rpm, o ligeramente superior en los vehículos con aire acondicionado y otros equipos consumidores de potencia. El flujo de aire es bajo (de 0,17 a 0,22 metros cúbicos por minuto), y el vacío en el cilindro es de 6,4 a 8,0 cm. de Hg. Al bajo flujo de aire empleado, la distribución del combustible a los 4,6 u 8 cilindros no es uniforme y por consiguiente la combustión en un cilindro determinado puede variar considerablemente del promedio. Por supuesto, una bujía defectuosa afectará a la eficiencia de la combustión en una extensión mucho mayor que la mala distribución del combustible. Debido a que los cilindros operan del "lado rico" durante el mínimo, los gases de escape contendrán monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados en cantidades apreciables, comparadas con los otros modos de operación.

B) Aceleración.

Bajo condiciones de aceleración, los flujos de combustible y aire se aumentan considerablemente. La velocidad del motor crece. La composición de los gases de la combustión depende de muchos factores, entre los cuales se destacan la tasa de aceleración, el tiempo global de aceleración y la relación de cambios. En una condición típica, el flujo de aire es de 0,85 a 1,0 metro cúbico, la relación aire-combustible es de 11:1 a 13:1, y la velocidad del motor varía de 400 rpm. a 3.000 rpm.

El vacío en el motor variará de 0 a 18 cm. de Hg. Las condiciones o composición de los gases en los cilindros depende del tipo de transmisión del vehículo. Esta puede ser del tipo manual, sincrónica, o la automática. En los vehículos con transmisión normal y cambios manuales, el flujo de combustible se interrumpe en el punto de cambio con el consiguiente empobrecimiento de la mezcla y un correspondiente aumento de la temperatura.

En los vehículos con transmisión automática los cambios son menos significativos en este sentido.

C) Marcha normal.

Bajo estas condiciones se alcanza un estado estacionario. El flujo de aire varía normalmente entre 0,40 y 1,0 metro cúbico por minuto, dependiendo de la velocidad. La relación aire-combustible, generalmente se encuentra del "lado pobre", o sea mayor que 15,2:1 y el motor no se obliga a desarrollar esfuerzos especiales para el movimiento del vehículo, así que la potencia desarrollada normalmente se encuentra en el rango de 10 a 50 HP, dependiendo de la velocidad del vehículo.

D) Desaceleración.

En el proceso de desaceleración se varían las condiciones de marcha continuamente.

Esta desaceleración puede ser gradual en un período de tiempo muy corto, como por ejemplo, bajar de 60 kph a 50 kph, con una simple disminución en la presión sobre el pedal de aceleración; o puede ser brusca, por una acción de frenado violento de una alta velocidad a una paralización del movimiento del carro en el período de tiempo más corto posible de acuerdo a la velocidad inicial.

Experimentalmente puede observarse que las condiciones variantes del tráfico de vehículos requieren diferentes tipos de desaceleración. En el caso de una desaceleración brusca, como por ejemplo de 45 kph a 0 kph en 15 segundos, el flujo de aire durante la misma es aproximadamente igual a un proceso de aceleración comparable.

El vacío en el cilindro alcanza a 50 cm. de Hg., algunas veces 65 cm. La eficiencia de la combustión es muy pobre y en muchos casos del 20% al 60% del combustible suplido a los cilindros pasa sin ser quemado.

2.1.2 Combustible.

La gasolina de motor es el combustible universalmente empleado en los motores de combustión interna de encendido por chispa.

La gasolina es una mezcla compleja de hidrocarburos relativamente volátiles que varían considerablemente en sus propiedades químicas y físicas. Por ello, sus propiedades deben ser balanceadas para dar resultados satisfactorios. Por lo general se espera que ella reúna las siguientes condiciones: permita un encendido fácil, rápido calentamiento, aceleración rápida, buen rendimiento en kilometraje por unidad de volumen de combustible empleado, y propiedades antidetonantes.

Así mismo, se consideran indeseables las siguientes propiedades físicas de la gasolina: presión de vapor alta, la cual causa sello de vapor; octanaje bajo, causante de detonación y pérdida de potencia de pre-ignición; contenido de gomas; rango de destilación inadecuado y contenido de azufre alto. De acuerdo a ello, las propiedades físicas de la gasolina más controladas son la volatilidad, el número octano, el contenido de gomas y el contenido de azufre.

Dentro de éstas, la volatilidad es una propiedad extremadamente importante porque el combustible debe ser lo suficientemente volátil para permitir un rápido encendido pero no tan volátil como para permitir la formación de sellos de vapor resultantes a temperaturas altas. El combustible debe también vaporizarse suficientemente para permitir una distribución homogénea en todos los cilindros y la volatilidad debe ser también suficiente para no diluir el aceite lubricante en el cárter.

La calidad antidetonante de la gasolina es probablemente la propiedad más deseada. Si el combustible se quema con retardo o muy rápidamente en la cámara de combustión, se oye un sonido y hay una pérdida de potencia. Las características detonantes de los hidrocarburos varían ampliamente de acuerdo a sus estructuras moleculares, así que la tendencia detonante de la gasolina variará en la medida que varía su composición. La calidad antidetonante de la gasolina de motor se mide por su número de octano, definido como el porcentaje de iso-octano en una mezcla con n-heptano capaz de dar las mismas características de detonación de la gasolina. El n-heptano puro tiene un número octano de cero y el iso-octano puro tiene un número octano de 100.

Hasta 1970, la tendencia en la industria automotriz era la del diseño de motores de alto octanaje; pero como consecuencia del desarrollo de diversas técnicas de control de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, dicha tendencia cambió en el sentido de diseñar motores con menores requerimientos de octanaje. En la actualidad el método preferido para producir combustibles de calidades antidetonantes adecuadas es el de la adición de fluidos antidetonantes y entre ellos, en nuestro medio, se destaca el tetraetilo de plomo. Es evidente que al disminuir los requerimientos de octanaje en los nuevos motores se hará posible la eliminación de los compuestos de plomo de la gasolina para permitir el empleo de los convertidores catalíticos en el control de las emisiones, de monóxido de carbono a la atmósfera, a través del tubo de escape de los vehículos. Una prohibición del empleo de aditivos a base de plomo, por otra parte, conduciría al desarrollo de otras técnicas para obtener el octanaje deseado. De hecho, el problema del plomo es relativamente muy complejo y permanece sin resolverse ya que desafortunadamente se ha manejado sin unidad de criterios tanto técnicos como políticos.

El contenido de goma del combustible es causante de la presencia de residuos duros no volátiles como depósitos en el múltiple, carburador y válvulas.

El contenido de azufre es determinante en el aumento de las propiedades corrosivas de la gasolina, en la medida que el mismo aumenta.

Al considerar los tipos específicos de hidrocarburos presentes en la gasolina se encuentra que éstos dependen del crudo empleado para su obtención y del proceso de refinación empleado, siendo este último el factor más importante. En general, los tres tipos principales de hidrocarburos en la gasolina son los aromáticos, los olefínicos y los hidrocarburos saturados. Desde el punto de

vista de la contaminación atmosférica, la importancia de los hidrocarburos presentes en la gasolina es debida a la reactividad relativa de los diversos tipos de hidrocarburos en la formación de las nieblas fotoquímicas. Esto es particularmente cierto cuando la gasolina se evapora, o pasa relativamente sin cambios, del motor al tubo de escape. Por otra parte, la mayoría de los hidrocarburos lanzados a la atmósfera a través del tubo de escape son de estructura química diferente a la de los componentes originales de la gasolina utilizada debido a la oxidación parcial y a la descomposición térmica resultantes de la alta temperatura en los cilindros.

2.1.3 Aceites lubricantes.

Los aceites lubricantes desde el punto de vista de la contaminación atmosférica son importantes en los motores donde los anillos gastados de los pistones permiten su paso al interior de los cilindros, particularmente durante la desaceleración. El aceite pesado es parcialmente quemado y lanzado a la atmósfera en forma de humos. Durante la aceleración también se produce la mezcla de los vapores de aceite con los gases lanzados a la atmósfera, a través del tubo de escape, con la correspondiente visibilidad de humos. Finalmente, la presencia de aditivos tanto en los aceites lubricantes como en la gasolina contribuyen a que compuestos variables, dependiendo del tipo específico de aditivo, sean también lanzados a la atmósfera.

2.1.4 Fuentes de emisión de contaminantes en los motores de encendido por chispa.

En todo vehículo de motor de combustión interna del tipo de encendido por chispa se encuentran las siguientes fuentes de contaminación del aire: el tubo de escape, el cárter, el carburador, el tanque de combustible, y otras fuentes varias. En los vehículos que no disponen de sistemas de control de emisiones de contaminantes atmosféricos la contribución relativa de estas fuentes en relación con la descarga total a la atmósfera es la siguiente.

A) En el cárter.

De 20 a 35% de hidrocarburos.

B) En el tubo de escape.

De 50 a 60% de hidrocarburos.

El 100% de óxidos de nitrógeno.

El 100% de monóxido de carbono.

El 100% de los productos de la combustión de los aditivos del combustible. Ejemplo: compuestos de plomo.

El 100% de los productos de la combustión de las impurezas del combustible. Ejemplo: óxidos de azufre (SOx).

El 100% de los productos de los cambios químicos de los componentes del aire dentro de la cámara de combustión bajo condiciones de alta temperatura, especialmente los óxidos de nitrógeno (NO_x), ya mencionados.

C) *Carburador y tanque de combustible.*

De 15 a 25% de hidrocarburos volátiles.

D) *Otras fuentes.*

En general, otras fuentes de menor importancia relativa desde el punto de vista de la contaminación atmosférica están representadas en las bandas de frenos, embrague, cauchos y ruedas que en su funcionamiento producen partículas de polvo.

2.2 MOTOR DIESEL

El motor Diesel puede llamarse igualmente motor de encendido por compresión en oposición al sistema de encendido eléctrico, por chispa, del motor de gasolina. También se le conoce con los nombres de motor de gasoil o motor de aceite pesado. Si se le compara en lo relacionado con el fenómeno de combustión interna de un motor de gasolina, se puede observar que los fenómenos de combustión son prácticamente de la misma naturaleza. Esto permite indicar que el motor Diesel es un motor de combustión interna a pistones en el cual el combustible se inyecta e inflama por la temperatura que alcanza el aire sometido a una gran presión. En otras palabras, el funcionamiento de los motores Diesel se basa en el principio de compresión-ignición, según el cual el aire se comprime a una presión alta, se calienta a una temperatura lo suficientemente alta para su ignición espontánea al inyectársele combustible líquido.

Cuando se comprime el aire, su temperatura se eleva por la transformación del trabajo de la compresión en calor. En el motor Diesel, la compresión se lleva a grado suficiente para obtener una temperatura del aire de unos 550°C, que excede en mucho a la necesaria para el encendido del volumen de combustible inyectado. De ello resulta que la mezcla aire-combustible se hace en el interior del motor por la pulverización del combustible en el aire comprimido, al final del ciclo de compresión.

El motor Diesel no tiene carburador ni sistema de encendido por chispa eléctrica, como el motor de encendido por chispa, sino solamente una bomba de inyección de combustible y de inyectores. La bomba de inyección se compone de uno o más elementos pistón-cilindro, que comprime el combustible a presión variable según el tipo de motor, de 100 a 250 Kgr./cm², y lo impulsa hacia el inyector. Este último pulveriza en la cámara de combustión la dosis de combustible enviada por la bomba.

Entre sus características generales es importante señalar que en el motor Diesel la relación de compresión está entre 14/1 y 22/1, que se traduce en un rendi-

miento energético superior al del motor de gasolina. Por otra parte, el combustible utilizado es más barato que la gasolina. En efecto, el no requerirse un combustible tan volátil como la gasolina de los motores con carburador, se puede emplear un hidrocarburo poco refinado y por lo tanto de bajo precio, lo cual, unido al alto rendimiento, constituyen los dos elementos de la economía del funcionamiento del motor Diesel.

Debido a su relación de compresión y de la enerdesarrollada por la combustión, el motor Diesel debe tener sus elementos móviles muy fuertes, lo que implica un notable aumento del peso total. Este hecho influye en el comportamiento del motor Diesel de forma tal que no puede alcanzar los grandes regímenes de rotación del motor de gasolina.

El aumento de peso tiene por consecuencia una construcción más costosa desde el punto de vista económico. Además, la bomba de inyección y los inyectores se componen de piezas muy precisas, de fabricación costosa.

2.2.1 *Funcionamiento del motor Diesel.*

Dos tipos diferentes de motores diesel se encuentran generalmente en uso. Cada uno produce gases de escape características y diferentes entre sí. El primer tipo es el de dos etapas y el segundo es el de cuatro etapas. El primero de ellos es el utilizado en los autobuses y el segundo en camiones.

En ambos casos, la cantidad de combustible inyectado determina la potencia liberada. La cantidad de aire depende de la velocidad del motor, no existiendo sistema de regulación como en el caso de los vehículos de combustión interna que utilizan la gasolina como combustible. El motor Diesel presenta, de hecho, un problema de contaminación atmosférica totalmente diferente a la de los vehículos que emplean gasolina como combustible. A diferencia de este último, el motor diesel trabaja con exceso de aire. El combustible se inyecta dentro del cilindro y se produce la ignición por efectos de la temperatura y presión en el cilindro. El combustible usado es más pesado que la gasolina y tiene un rango de ebullición también mayor.

Una relación aire-combustible aproximada de 100:1 está presente en el funcionamiento en mínimo, bajando a 20:1 cuando se aumenta considerablemente los requerimientos de potencia. Una relación estequiométrica de 15:1 es suficiente para una combustión completa. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de operación se producen humos y compuestos orgánicos como los aldehídos. Estos últimos son responsables del fuerte olor y características irritativas de la vista de los gases de escape de los motores diesel.

La producción de humos es generalmente el resultado de una combustión incompleta y ésta generación de humos es inversamente proporcional a la relación aire-combustible. Entre las características del humo generado pueden observarse tres tipos:

a) Humo negro, el cual consiste de partículas de carbón no quemadas. Está relacionado con altas velocidades de funcionamiento del motor, cargas y temperatura.

b) Humo azul, el cual contiene aceite del motor que llega a la cámara de combustión debido a anillos desgastados y posiblemente a otras fallas de mantenimiento.

c) Humo blanco, el cual contiene combustible líquido sin quemar.

De estos tipos de humo, el más común es el humo negro y es siempre el resultante de una combustión incompleta.

Respecto a la reducción de visibilidad por el humo, la apreciación ocular carece de precisión y por ello se han ideado diferentes tipos de aparatos medidores de humos, como Bosch, Hartridge, Saurer, Volvo, entre otros, que miden la cantidad de hollín retenido por un filtro de papel atravesado por el gas de escape, o determinan por medios fotoeléctricos el oscurecimiento de una columna de gas iluminada por una lámpara.

En general, el humo negro no debe confundirse con el de aspecto azulado por contenido de partículas de aceite de engrase quemado, cuya causa puede ser defecto de la distribución, el mal funcionamiento de las válvulas o de sus resortes, o simplemente un nivel de aceite demasiado alto en el cárter.

2.2.2 Causas posibles para la formación de humos.

Las causas más importantes en la formación de humos en un motor Diesel son las siguientes:

a) Empleo de un combustible inadecuado al tipo de motor, o de poca calidad.

b) Caudal excesivo de la bomba de inyección, que puede ser voluntario, provocado por el conductor poniendo el mando de la bomba en posición de sobrecarga para obtener más potencia.

c) Mal estado de los inyectores.

d) Falta de exactitud del avance inicial a la inyección por montaje defectuoso del acoplamiento de la bomba o desgaste del acoplamiento.

e) Desajuste del regulador o de la variación automática del avance a la inyección.

Para prevenir la contaminación del aire por el humo de los motores diesel, es fundamental el empleo de motores de potencia adecuada para hacer frente a las cargas máximas. En razón de que las bombas de combustible y el dispositivo de inyección tienen un régimen de funcionamiento que tiende a aumentar la salida de combustible, es preferible usar motores de suficiente tamaño para poder calibrarlos alrededor de un 10% por debajo de su rendimiento máximo.

Deben prohibirse las manipulaciones sobre las bombas; se ha comprobado la utilidad de precintarlas después de haberlas calibrado convenientemente. A intervalos regulares determinados de preferencia por las condiciones locales, se examinará minuciosamente el mo-

tor, junto con sus bombas e inyectores, para asegurarse de que su funcionamiento continúa siendo satisfactorio.

Las bombas y los inyectores de combustible son instrumentos de precisión, cuyo calibrado, mantenimiento y revisión requieren el empleo de un equipo especial y de personal adecuadamente adiestrado. Si estos servicios no pueden ser asegurados por la propia compañía de transportes, deberán establecerse convenios para que se encarguen de ellos los fabricantes o sus agentes oficiales.

No cabe duda de que la emisión por los motores diesel de grandes cantidades de humo negro fétido es no sólo censurable sino indefendible.

2.2.3 Combustibles.

El combustible diesel está disponible en dos tipos: Diesel 1 y Diesel 2.

El Diesel 1 es un combustible liviano, especialmente recomendado en el funcionamiento de los autobuses. El Diesel 2 es un combustible pesado, más económico en costo que el Diesel 1 y de alto rango de ebullición. Se recomienda en aquellas operaciones donde se requiere una alta potencia, como es el caso de los camiones con cargas pesadas. Generalmente, un motor diesel se diseña para funcionar con uno de estos tipos de combustible. Si a un vehículo diseñado para funcionar con Diesel 1 se encuentra funcionando con Diesel 2, se produce una cantidad excesiva de humo y se acentúa la calidad del olor. Así mismo, una gravedad específica alta, elevado punto de ebullición y alta viscosidad del combustible producen una reducción de la eficiencia de la combustión y por consiguiente una mayor generación de humos.

El combustible que conviene a cada tipo de motor Diesel, es el especificado por su constructor, desde el triple punto de vista de la facilidad de arranque, potencia desarrollada y menor cantidad de residuos de la combustión. El buen funcionamiento del motor está supe-

2.3 CONDICIONES BASICAS PARA EL BUEN MANTENIMIENTO DE LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

Para la puesta en vigencia o simplemente una revisión de los diversos programas de mantenimiento que en una u otra forma pudieran establecerse no sólo por parte de un usuario en particular o de una organización dedicada, entre sus funciones, al mantenimiento de sus vehículos automotores, generalmente se consideran los siguientes factores:

A) Entrenamiento de personal.

El personal entrenado es de mecánicos observadores, quienes en virtud de sus conocimientos, habilidad y experiencia son capaces de localizar el desperfecto y

volver al vehículo a sus condiciones de operación originales, rápida y eficientemente.

B) Equipo de prueba de confianza.

El uso de buenos equipos, técnica y científicamente confiables, constituye una prolongación de los sentidos del mecánico que le permite localizar los desperfectos rápidamente y con precisión. La complejidad creciente del motor del automóvil moderno ha hecho que el uso de equipo de prueba sea una necesidad.

C) Especificaciones precisas.

Las especificaciones precisas sirven de norma para determinar las tolerancias de servicio del vehículo. Comparando las lecturas obtenidas del equipo de prueba con las especificaciones, cualquier mecánico entrenado puede determinar rápidamente la necesidad de hacer

reparaciones para reintegrar el vehículo a una condición de operación eficiente.

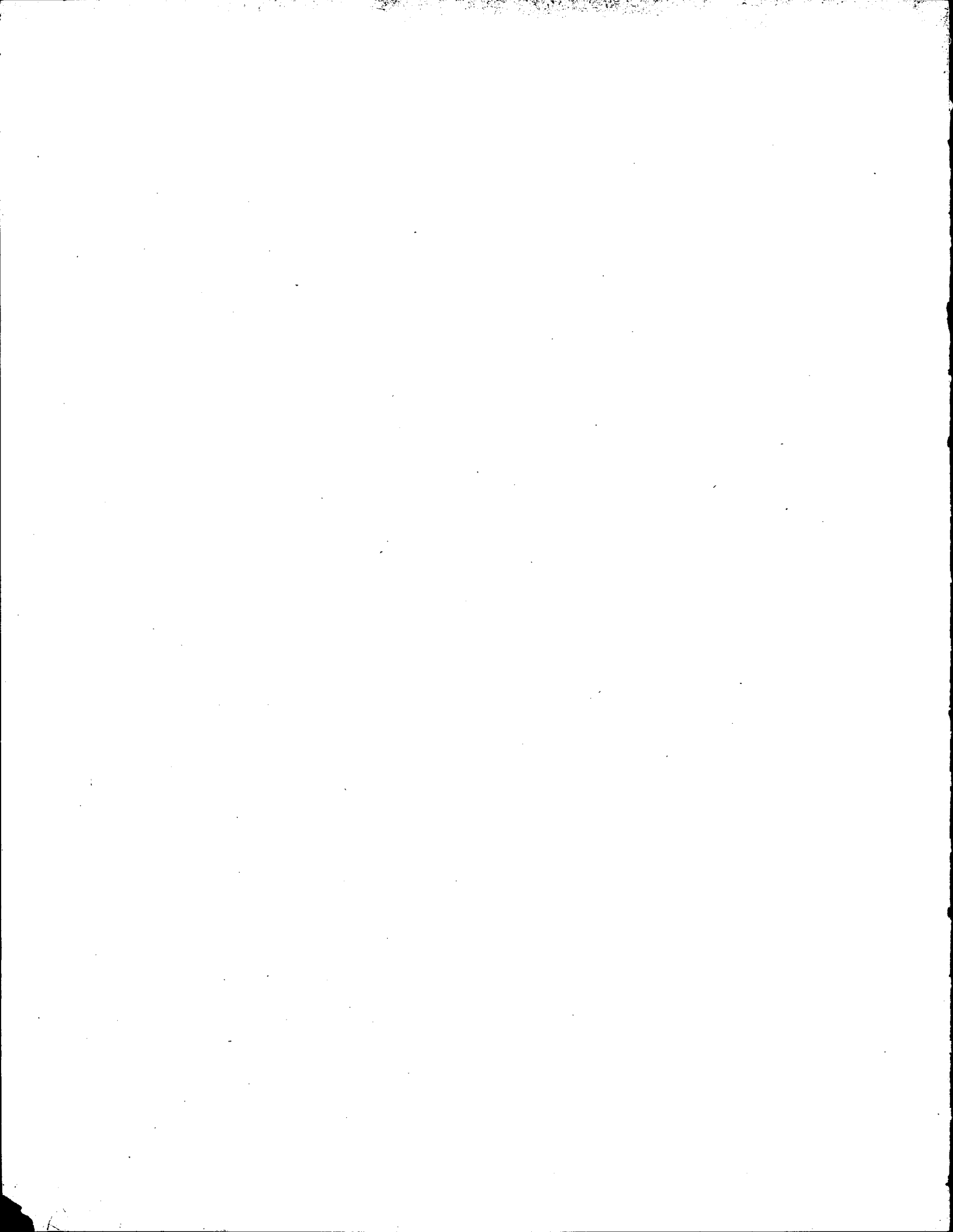
D) Procedimiento de prueba específicos.

Deben establecerse procedimientos de prueba específicos para abarcar la gran mayoría de desperfectos del motor y sus accesorios. Estos deben encontrarse en manuales de procedimientos, con redacción simple pero técnicamente inobjectables.

E) Buena calidad de las piezas de repuesto.

Las piezas de repuesto constituyen la garantía de que se proporcione el funcionamiento y seguridad necesarios, según las especificaciones del motor. Es obvio que para mantener operando eficientemente al motor durante miles de kilómetros es necesario utilizar piezas de repuesto de buena calidad.

CAPITULO 3
ESTUDIO SOBRE
LA
CONTAMINACION
ATMOSFERICA
EN EL
VALLE DE CARACAS



3.1 INTRODUCCION.

Entre las áreas prioritarias fijadas a la División de Investigación sobre Contaminación Ambiental (DISCA) del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS) en 1974, para sus acciones de investigación sobre contaminación ambiental se incluyó el valle de Caracas y sus áreas circunvecinas. Dentro del amplio marco de referencia de la contaminación ambiental se definió el estudio de la contaminación atmosférica dentro del primer grupo de investigaciones contempladas dentro del Programa Nacional de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental.

Al entrar en funciones el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.), el 1º de abril de 1977, el Programa Nacional de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental dio paso al Programa Nacional de Investigaciones del Ambiente, de objetivos más amplios y de mayor alcance y, por supuesto, de mayores responsabilidades. Su unidad ejecutora, la División de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental del MSAS fue trasladada al MARNR y convertida en la Dirección de Investigación del Ambiente, para el diseño, desarrollo y ejecución del Programa Nacional de Investigaciones del Ambiente.

Este Programa se considera como un programa nuevo, en período de organización, desarrollo y expansión. En la medida que se van obteniendo los recursos es como se van iniciando las investigaciones que urgentemente requiere el país en este campo y en estos momentos.

Conciérne a este informe presentar los resultados del "Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas" en lo relacionado con la contribución de los vehículos automotores en la contaminación atmosférica del citado valle.

A los fines de su identificación geográfica y demográfica, basta señalar que el valle de Caracas fue inscrito dentro de un rectángulo de 21 km. de largo por 12 de ancho, situado entre 10°25' y 10°32' de latitud norte y 66°48' y 66°59' de longitud oeste, cubriendo un área total de 252 km². La población dentro de los límites del área de estudio fue estimada en 2.670.657 habitantes a partir de los datos estadísticos de la Dirección de Estadísticas del Ministerio de Fomento.

3.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La aplicación de los resultados de una investigación teórica generalmente representa un problema. Las investigaciones teóricas se realizan principalmente por razones de intereses individuales o de grupos que no coinciden con los intereses más amplios de una organización que debe cumplir determinados objetivos y funciones dentro de la estructura administrativa integral del Estado.

Este último requiere de una amplia información sobre las cuales basar sus decisiones. La utilización de los resultados parciales, obtenidas de investigaciones teóricas, no garantizan una decisión acertada. Es obvio que una decisión óptima es de muy difícil obtención cuando la multiplicidad de los factores políticos, sociales, económicos y tecnológicos inciden en una forma bastante compleja al considerarseles bien como grupos interrelacionados o individualmente. Así, siempre se encontrarán soluciones o alternativas de soluciones que no responderán a los intereses de la totalidad de los miembros u organizaciones de una colectividad.

Así, una tendencia que encuentra numerosos seguidores día a día es la de considerar que todo problema de control de contaminación del ambiente, es un asunto de legislación o de promulgación de algún otro tipo de instrumento legal, seguido de la aplicación severa del mismo. Realmente, esta tendencia corresponde sólo a una etapa de necesario cumplimiento en el complejo proceso del control de la contaminación del ambiente. Particularmente, en el caso de la contaminación atmosférica se encuentran numerosas denuncias de problemas de este tipo que se plantean sin la consiguiente solución.

Cuando se induce a una solución, ésta por lo general se presenta orientada hacia la aplicación de una alternativa sin la correspondiente conceptualización, análisis y manejo del problema. Es lógico que ello ocurra en un campo de la contaminación ambiental donde los progresos han sido evidentes sólo a partir de 1966 y donde la metodología y técnicas de estudio difieren significativamente de las mismas aplicadas a otros campos de control de la contaminación ambiental, como el del agua, de una historia relativamente mucho más extensa.

Por consiguiente, se estima que la importancia del "Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas" se encuentra en la definición de diversas alternativas de control de las fuentes fijas y móviles de contaminación atmosférica en el valle de Caracas, así como en poblaciones vecinas que por su ubicación influyen, o podrían influir, en la contaminación atmosférica del citado valle.

De su ejecución se demuestra que la acción prioritaria de control por parte del Estado debe estar orientada hacia el control de las fuentes móviles, vehículos automotores, y por consiguiente el primer Informe del Estudio corresponde a la contribución de los vehículos automotores en la contaminación atmosférica del valle de Caracas. La aplicación de las recomendaciones para el control del problema encontrarán sin duda alguna las más severas críticas si se tienen en cuenta la presencia de otros problemas, otras exigencias, otras demandas que exigen cuantiosos recursos tanto económicos como humanos por parte del Estado.

Sin embargo, la importancia del problema de la contaminación atmosférica, particularmente en el valle de Caracas, habrá de despertar el interés de un grupo

cada día más numeroso en su participación con criterios objetivos en su solución integral haciendo significativa, por consiguiente, la importancia de este Estudio.

3.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

El "Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas" se ejecuta para encontrar las soluciones que más se acerquen a la solución óptima, para estructurar y fundamentar científicamente las normas, estrategias y acciones de control y de regulación de las actividades degradantes de la atmósfera, de manera que se busque el mejor equilibrio posible entre las acciones de desarrollo y la preservación y mejoramiento de la calidad de la vida y de los recursos naturales.

Para alcanzar este objetivo básico, de hecho se requiere lograr otros objetivos correlacionados y más específicos, entre los cuales se destacan:

- a) Estudiar y comprender, en la medida de lo posible, la capacidad de autopurificación de la atmósfera del valle de Caracas a través de las investigaciones meteorológicas y sus relaciones con las cargas de contaminantes lanzados a la atmósfera por las fuentes fijas y móviles de contaminación atmosférica.
- b) Definir la calidad del aire en el valle de Caracas.
- c) Definir la contribución de los vehículos automotores en la contaminación atmosférica del valle de Caracas.
- d) Definir la contribución de las fuentes industriales, comerciales, domésticas y de servicios públicos, de tipo fijo, en la contaminación del valle de Caracas.
- e) Estudiar y comprender, en la medida de lo posible, la formación de la niebla fotoquímica en el valle de Caracas.
- f) Estudiar y comprender las relaciones epidemiológicas existentes entre las concentraciones de contaminantes, calidad del aire, y las condiciones de la salud de la población del valle de Caracas.
- g) Estudiar y comprender, en la medida de lo posible, los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la vegetación y la fauna del valle de Caracas.
- h) Contribuir, a través de los criterios establecidos en las conclusiones y recomendaciones del Estudio, en la planificación integral de nuevos desarrollos urbanísticos o en la modificación de los existentes.
- i) Desarrollar una base científica para estar en capacidad de predecir los efectos ecológicos de contaminantes específicos sobre el sistema del valle de Caracas.
- j) Definir, mediante la aplicación de procedimientos de análisis de sistemas, las diversas alternativas que se le abren al Gobierno Nacional para el manejo y control de la calidad del aire del sistema del valle de Caracas, presentándolas en forma tal que permita su evaluación y facilite la toma de decisiones para la adopción de un plan maestro, incluyendo recomendaciones concretas respecto a este plan maestro.

3.4 CARACTER INTEGRAL DEL ESTUDIO.

El enfoque integral significa que el análisis individual de cada uno de los componentes del problema se hace como parte de un análisis de conjunto y por lo tanto, obedeciendo a una programación que abarque al ecosistema en su totalidad.

Una vez definidos los objetivos y desarrollada la programación de los trabajos de investigación a realizar, quedaron deslindados una serie de aspectos o investigaciones específicas que, aún cuando son parte de la problemática de conjunto, configuran esfuerzos de gran significación. En este Capítulo se incluyen los aspectos más relevantes en cada una de estas investigaciones específicas.

3.5 PROGRAMACION DEL ESTUDIO.

Cumplida la etapa preliminar para la definición de los lineamientos generales del problema y de recopilación de información y realizado con ello un primer esbozo de programación a grandes rasgos, se estuvo en condiciones de elaborar entre octubre y diciembre de 1974 la programación completa del Estudio Integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas y sus áreas circunvecinas, tal como era posible visualizarla en esa etapa inicial, utilizándose la técnica de programación PERT-CPM.

En su primera definición se determinaron 642 actividades, que posteriormente a través de un proceso de modificaciones, producto de la propia dinámica de todo trabajo de investigación, se redujeron a 462 a mediados de 1977. Al final de ese mismo año considerando la ejecución en función del número de actividades se había completado el 76%. Entre las actividades cumplidas en su totalidad para el diagnóstico y la determinación de conclusiones y recomendaciones se encuentran la definición de la contribución de los vehículos automotores y de las fuentes industriales, comerciales, domésticas y de servicios públicos, de tipo fijo, en la contaminación del valle de Caracas. En la medida que los recursos humanos, de equipos y financieros lo han permitido se han desarrollado diversas actividades que en una u otra forma contribuyen a cumplir cada uno de los objetivos específicos del Estudio Integral. La duración de cada una de las actividades es variable dependiendo del tipo de requerimiento científico para la confiabilidad en los resultados. Con la finalidad de lograr un mejor entendimiento del alcance del Estudio se analizan, a continuación, diversos componentes que en posteriores publicaciones serán motivo de presentaciones pormenorizadas.

Es evidente que lo ideal hubiera sido acometer simultáneamente el Estudio en todos los frentes de investigación que se definieron en la etapa de programación. Pero, la disponibilidad de recursos, particularmente de personal especializado y de algunos equipos sofisticados así como de materiales, obligó a ciertas precedencias y prioridades en el inicio de investigaciones es-

pecíficas, estableciéndose una secuencia, según la cual se desarrollaron inicialmente sólo algunos frentes de trabajo, abriéndose otros a medida que se iban instrumentando los recursos necesarios y se iban precisando las metodologías más convenientes.

Además de no poder acometer simultáneamente todas las investigaciones específicas que hubiera sido de desear por la limitación de recursos especializados, algunos aspectos eran más atacables por los grupos técnicos disponibles inicialmente.

3.6 ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AIRE.

Por necesidad ineludible en la etapa actual del desarrollo del país, el diagnóstico de la calidad del aire por sí solo representa un aspecto fundamental en el proceso de definición, legislación, control y evaluación de la contaminación atmosférica en diversas regiones.

Fundamentalmente, los estudios de calidad del aire representan una guía importante en la evaluación del control de la contaminación atmosférica. El desarrollo de una red de estaciones para determinar la calidad del aire de una región, requiere de esfuerzos técnicos y científicos de alcance variable, dependiendo de las necesidades de identificación y análisis de los contaminantes seleccionados.

El desarrollo de la red de estaciones incluye la determinación del número y de la localización de los sitios para la captación de las muestras de aire, la selección de los instrumentos apropiados, la determinación de la frecuencia de los muestreos de aire, la definición de criterios para la ubicación de los instrumentos para la captación de las muestras de aire y la medición directa de las concentraciones de los contaminantes seleccionados.

El juicio técnico y la experiencia son esenciales para la determinación del número y la localización de los sitios de captación de las muestras de aire porque los modelos matemáticos u otros métodos para evaluar la dispersión de contaminantes en la atmósfera pueden no ser confiables totalmente.

El desarrollo y la instrumentación de una red de estaciones puede además crear conflictos entre lo que se considere deseable desde el punto de vista técnico y lo que es posible con los recursos disponibles. Una red ideal de estaciones para muestreo del aire necesita más recursos que los disponibles en la mayoría de los casos. Debe reconocerse así mismo que las estaciones son dinámicas y que por consiguiente deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarlas a los adelantos científicos. Por consiguiente, el diseño de una red de estaciones para estudios de calidad del aire no es un diseño estático, que se hace una vez y permanece invariable. Las estaciones pueden moverse cuando las necesidades del estudio de calidad del aire así lo exijan. Por razones estratégicas, algunas estaciones no deben moverse. Estas últimas son las estaciones para la determinación a muy largo plazo de las tendencias de variaciones de las concentraciones de los contaminantes seleccionados en la atmósfera.

Es obvio que sólo en estudios de calidad de aire muy específicos se determinan contaminantes atmosféricos diferentes a los universalmente seleccionados a los fines de diagnósticos de la contaminación atmosférica en diversas regiones del mundo. Estos cubren fundamentalmente los óxidos de azufre, material particulado (polvo), monóxido de carbono, oxidantes y óxidos de nitrógeno. Aunque cada contaminante atmosférico necesita de un análisis por separado, la captación de las muestras de aire pueden generalizarse a través de dos grandes grupos, a saber, la red de estaciones para material particulado y la red de estaciones para gases. La primera es la fuente de información para polvo en suspensión y polvo sedimentable. La segunda es la fuente de información para monóxido de carbono, óxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y oxidantes.

Las necesidades del muestreo de aire para fines específicos de cada contaminante dependerá de la cantidad y calidad de la contaminación de una región. Así, una región puede requerir de grandes esfuerzos para la evaluación de oxidantes debido a una evidente presencia de "smog" fotoquímico mientras que en otra región se pueden excluir estos esfuerzos debido a una ausencia relativa de este tipo de fenómeno de contaminación atmosférica.

Desde el inicio del Estudio, la DISCA ha venido operando una red de estaciones conformada inicialmente por siete estaciones, aumentada luego a trece y posteriormente disminuída de nuevo a siete estaciones, para la evaluación de las concentraciones de óxidos de azufre, en la forma de dióxido, y de polvo en suspensión. Los resultados indican que estos contaminantes no constituyen hoy en día un problema severo de contaminación atmosférica en el valle de Caracas. Los niveles de concentración de contaminantes a los cuales la mayoría de los individuos están realmente expuestos ocurren dentro de locales, viviendas, comercios, oficinas e industrias, así como dentro de medios de transporte, vehículos particulares, taxis o carros de alquiler, autobuses, o en condiciones de tránsito en calles o avenidas, debido a que la mayoría de las personas permanecen por una u otra razón dentro de esos ambientes específicos. Por otra parte, los grupos más susceptibles de ser atacados por los problemas de contaminación atmosférica como son los niños en edad pre-escolar, los ancianos y las personas con problemas de salud permanecen, virtualmente la mayor parte del tiempo, en locales cerrados. En consecuencia una evaluación exhaustiva es necesaria para relacionar todos estos aspectos. Es esta una situación en la cual se evidencia la necesidad de hacer estudios muy específicos. Estos son de difícil instrumentación debido a que se necesita un alto grado de concientización de la población y el empleo de recursos cuantiosos para llegar a conclusiones relevantes. La respuesta a una serie de incertidumbres sobre la existencia de relaciones entre los hallazgos epidemiológicos y las concentraciones de contaminantes en la atmósfera, será más precisa en la medida que se instrumenten adecuadamente esos estudios. Sólo

las investigaciones completas en esta área pueden dar soluciones óptimas. Estas investigaciones son insustituibles por otras, como el de la experimentación con animales a escala de laboratorios, aún en las condiciones más satisfactorias de estas últimas.

Paralelamente a la operación de esta red de estaciones, la DISCA ha realizado esfuerzos significativos para cubrir las necesidades reales del diagnóstico de la calidad del aire en el valle de Caracas, tratándose en todo momento de cubrir las diversas áreas de exposición individual, de grupos selectos de población, de áreas geográficas totalmente definidas y de encontrar respuestas adecuadas a una serie de interrogantes que se plantean actualmente. Para ello, como unidad técnica de apoyo, adquirió una unidad móvil de laboratorio. Su adquisición iniciada en diciembre de 1974 se completó con su importación y llegada al país a finales de septiembre de 1975. Las estimaciones iniciales de su puesta en servicio para mediados de 1976 fueron desafortunadamente erróneas. Reiterados incumplimientos por parte de las casas especializadas en el ramo en las fechas de entrega de los equipos para la medición de contaminantes tales como ozono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, hidrocarburos totales, partículas en suspensión, ruido y variables meteorológicas, fueron determinando atrasos en la programación respectiva para el diagnóstico de la calidad de aire en el valle de Caracas. Por otra parte, el proceso administrativo para la adquisición de un computador para procesamiento y almacenamiento de datos, necesario para evaluar en forma inmediata los datos obtenidos no sólo en la unidad móvil sino también en la red de estaciones de muestreo del aire, fue lento. Este último proceso se completó con la posesión física del computador por la DISCA a mediados de febrero de 1978. Así mismo, el problema de la adquisición de los gases patrones en el comercio local ha sido factor retardante en la puesta en funcionamiento de los diversos instrumentos antes mencionados, lo que ha obligado a la programación del uso de la unidad móvil en estudios intensivos sobre calidad del aire durante los meses de agosto-septiembre de 1978, febrero-marzo-abril y noviembre-diciembre de 1979.

La puesta en funcionamiento de la unidad móvil de laboratorio habrá de servir de apoyo a las evaluaciones de contaminantes atmosféricos que se hacen en la red de diez estaciones en operación a partir de agosto de 1978. Aumenta la cobertura del número de contaminantes a determinar en cada estación conforme a la capacidad real de los recursos humanos y financieros para el manejo de la red de estaciones para captación y medición de contaminantes atmosféricos en el valle de Caracas.

Esta relación acerca de los estudios de calidad del aire representa sólo una parte del verdadero esfuerzo que se ha hecho para manejar en forma eficiente una red de estaciones cuya finalidad no es la de acumular datos sino que por el contrario servir de apoyo en la definición de las diversas alternativas que se le abren al

Gobierno Nacional para el manejo y control de la calidad del aire del sistema del valle de Caracas.

3.7 EPIDEMIOLOGIA.

Debe reconocerse que la meta global de todo programa de control y vigilancia de la contaminación atmosférica está generalmente orientada hacia la protección de la salud y bienestar del hombre. Por consiguiente, todo estudio de investigación que eluda este aspecto puede considerarse como incompleto.

Ahora bien, la complejidad de las investigaciones que deben realizarse, medida en relación con la selección de una muestra cohorte, su seguimiento detallado, en cuanto a las variaciones de su estado de salud, y al conocimiento de la calidad del aire a lo largo del proceso de investigación para establecer las relaciones de causa-efecto para diversos contaminantes atmosféricos, exigen un tiempo prolongado antes de llegar a conclusiones precisas. Por otra parte, la información disponible a través de Estadísticas Vitales está orientada hacia aspectos generales de mortalidad y morbilidad, en los cuales no están incluidos comentarios que permitan relacionarlos con problemas de contaminación atmosférica o de episodios específicos de la misma. Pero, las evidencias de los efectos de la contaminación atmosférica están presentes en diversos casos. Así, en el trágicamente célebre episodio de contaminación atmosférica en Meuse Valley, Bélgica, murieron 60 personas como consecuencia del "smog". En 1952, 4.000 muertes en exceso ocurrieron en Londres durante el más desastroso episodio de "smog" del cual se tenga conocimiento hasta nuestros días. Estudios teóricos realizados en los Estados Unidos, tomando como base los datos de 40 ciudades donde se disponían de niveles de concentraciones de contaminantes atmosféricos durante el período 1960-67, han concluido en señalar que un aumento de un 10% en la contaminación del aire determina un aumento de 1,2% a 1,9% en la tasa de mortalidad. Los parámetros de contaminación atmosférica utilizados para este estudio teórico fueron el promedio anual aritmético de las concentraciones de polvo en suspensión y el promedio anual aritmético de materia orgánica soluble en benceno.

En el Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas haciendo uso de los servicios de un médico, con experiencia en estudios de medicina del trabajo y de la cooperación de otros profesionales de la medicina expertos en la interpretación de los datos epidemiológicos se han observado notables incrementos en las tasas de mortalidad por neumonía a partir de los 45 años. Aunque se observe una reducción de la tasa de mortalidad por esta causa cuando se consideran todos los grupos etarios, se estima que contribuyen a esta situación el descenso de las tasas de mortalidad por neumonías en las edades "tempranas", más susceptibles a la acción del mejoramiento de su estado de salud por los progresos en la atención materno-infantil. En el grupo etario de 45 a 64 años la tasa de mortalidad por neumonías aumentó de 16,7 a 23,4 por 100.000

habitantes en el período 1950-1975. En el grupo etario de los 65 a 74 años este mismo incremento es de 54,1 a 128,0 y en el grupo etario superior a los 75 años este aumento es de 159,4 a 647,4 en el mismo período. En lo relacionado, por otra parte, con las tasas de morbilidad, con las correspondientes limitaciones en la evaluación de las relaciones causa-efecto es notable la repetición año tras año como causas de primera consulta en la Zona Metropolitana de Caracas las alergias, asma, bronquitis, dermatitis y conjuntivitis, problemas de salud relacionados con los contaminantes ambientales en forma casi directa.

De hecho, podría argumentarse, empíricamente, que los procesos patológicos están en aumento para aquellas causas provenientes de la contaminación ambiental. Sin embargo, estas apreciaciones deben estar sustentadas, como se ha señalado en repetidas oportunidades, por estudios pormenorizados que permitan establecer relaciones inequívocas entre la contaminación atmosférica y las condiciones de la salud de la población en el valle de Caracas. Actualmente se avanza la ejecución de estos estudios pormenorizados.

La ejecución de éstos es importante por varias razones. Discutirlas en detalle no es el objetivo de este Informe, pero cabría destacar que en numerosas oportunidades se plantea el problema de la contaminación atmosférica en Venezuela a través del número de casos de muertes y enfermedades que podrían atribuirse a la contaminación del aire. Sin embargo, al ser analizada en función de las tasas de morbilidad y mortalidad, dejan de ser impactantes y evidentes las apreciaciones de una relación biunívoca entre la contaminación del aire y el número de casos de enfermedad y de muerte. El deterioro de la salud como se comentó en el párrafo anterior existe, pero su alcance y las causas requieren de un análisis más profundo y del desarrollo de evaluaciones de campo más precisas que las disponibles hasta el momento. Así, a título de ejemplo podría señalarse que el tumor maligno del útero ocupó el segundo lugar dentro de la mortalidad por cáncer. A partir de 1975, el tumor maligno de los bronquios y del pulmón ocupa dicho lugar, desplazando al anterior a la tercera posición. Podría deducirse que el aumento de la mortalidad por causa de cáncer de los bronquios y del pulmón es atribuible a un aumento de la contaminación atmosférica como uno de los factores contribuyentes a su formación. Un simple análisis señala que la relación del número de muertes por cáncer de los bronquios y del pulmón requiere de un análisis más exhaustivo cuando se le quiere señalar como una consecuencia de un aumento de la contaminación del aire. Generalmente la información disponible se ha analizado en base a la mortalidad por residencia según está indicada en los certificados de defunción. Este dato refleja, en la mayoría de los casos, la última residencia del difunto, por lo regular de la localidad donde recibió asistencia médica. Esta localidad de hecho puede tener unas condiciones de contaminación del aire totalmente diferentes a las de la localidad ha-

bitual en vida del difunto. El análisis pormenorizado de características simples es laborioso y requiere de juicios concurrentes al desarrollo de relaciones precisas entre causa de la enfermedad o muerte, calidad del aire y exposición del individuo al riesgo.

Similarmente, otros factores contribuyen a la necesidad de realizar estudios pormenorizados. La exposición a monóxido de carbono es un caso particular muy ilustrativo. Salvo en los casos de exposiciones muy severas que conduzcan a la muerte, este contaminante actúa sobre el organismo en una forma tal que al relativamente poco tiempo de cesar la exposición desaparecen los signos reales o potenciales de intoxicación. En el Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas se han realizado esfuerzos desde enero de 1975 para determinar relaciones entre las concentraciones de monóxido de carbono y el contenido de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre de los sectores de la población expuestos a dichas concentraciones. Aún cuando han sido definidos todos los aspectos a considerar en la evaluación, su ejecución con validez científica no ha sido posible debido a las necesidades muy superiores a los disponibles de recursos humanos y de cooperación de la comunidad. Por otra parte, las informaciones a través de Estadísticas Vitales, por el carácter típico de la acción del monóxido de carbono, evidentemente no existen y por consiguiente, el único procedimiento significativo de estudio es la evaluación directa de una muestra representativa de individuos, con un seguimiento de la actividad diaria por individuo y de un análisis pormenorizado, estudio de salud, de cada uno para descartar a aquellos individuos que por otras causas pueden presentar cuadros clínicos similares a los de exposición a monóxido de carbono.

3.8 METEOROLOGIA.

Cualquier política de planificación urbana en la cual se consideren factores relacionados con la contaminación atmosférica y en particular la calidad del aire debe tomar en consideración la meteorología y topografía local. En la medida que ello sea posible, el empleo de los modelos de dispersión de contaminantes es casi obligatorio. Las variaciones de la calidad del aire que existen entre dos ciudades son determinadas por tres factores principales: características de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, la meteorología y la topografía. Por consiguiente en todo proceso de planificación, es necesario identificar el carácter local de una área determinada.

En el caso del valle de Caracas, la fuente principal de contaminación atmosférica está representada por los vehículos automotores. Virtualmente todos los desarrollos de carácter económico generan tráfico de vehículos y por consiguiente, el automóvil se constituye de hecho en el vínculo entre cualquier política de crecimiento y la calidad del aire.

En algunos casos se sugiere que la cantidad total de un determinado contaminante en la atmósfera de una

comunidad debería limitarse a un valor pre-fijado. De hecho esto constituye una acción significativa en cualquier política de desarrollo por las limitaciones en la fijación de esos valores y en la incertidumbre de su aplicabilidad en ausencia de criterios que los sustenten. Para la mayoría de las ciudades, el transporte de contaminantes en la atmósfera, la ausencia de control razonable sobre las fuentes de emisión de contaminantes y las dificultades técnicas inherentes a una proyección a largo plazo hacen inaplicable este tipo de sugerencias.

La única vía posible de mantener un balance satisfactorio entre el desarrollo de una comunidad, en todos sus aspectos, y la calidad del aire en la misma, es a través de la definición de los modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera, aplicables a la región geográfica bajo estudio. Estos, ineludiblemente requieren de una información meteorológica que va más allá de la que normalmente se obtiene para hacer predicciones del tiempo.

En la práctica, la mayor parte de las consideraciones que se hacen acerca de la meteorología de una región son de naturaleza no cuantitativa. Es obvio que una planificación no puede basarse sólo en estudios no cuantitativos. Con muy escasas excepciones, las consideraciones meteorológicas aplicables a los estudios de contaminación atmosférica requieren del desarrollo de metodologías de estudio cuyos esfuerzos especiales en la capacitación de personal, obtención de recursos de equipos relativamente sofisticados y de grupos humanos también numerosos son factores contribuyentes en la mayor o menor rapidez para la obtención de resultados precisos, conforme a las necesidades científicas. En particular, hay una definida necesidad de normalizar los modelos de calidad del aire. Sin embargo, también se hace necesaria la flexibilidad en el uso de diversos modelos matemáticos y en la interpretación de los resultados. Para obtener esto, es preciso que los requerimientos no sean muy rígidos. La importancia de esta flexibilidad se infiere de que las técnicas de modelaje matemático, concepto relativamente sofisticado, son herramientas que todavía no pueden empujarse más allá de sus límites, particularmente en el caso de la contaminación atmosférica. Se reconoce hoy en día que el modelaje es una de las técnicas a emplearse en cualquier toma de decisión.

En el caso de la dispersión de contaminantes en la atmósfera el modelo apropiado debe ajustarse a las determinaciones hechas en cada una de las estaciones de la red de muestreo de aire. El resultado que se obtiene en un modelo de simulación está muy alejado de las condiciones reales cuando la información de base es deficiente, la elevación de las edificaciones es irregular e interfiere con el movimiento del aire, la topografía de la región es compleja y no se conocen determinados factores meteorológicos de estabilidad atmosférica.

Por consiguiente, se puede concluir que los resultados de todo esfuerzo de modelaje serán tan buenos, como buenos y calificados rigurosamente desde el pun-

to de vista científico, sean los datos suministrados al modelo.

El valle de Caracas es un caso de evidente complejidad en el modelaje matemático de dispersión de contaminantes. Su topografía irregular, el crecimiento anárquico de edificaciones donde los contrastes son muy marcados, una vialidad urbana que día a día se hace insuficiente para el usuario en determinados sectores de la ciudad, y una información meteorológica de carácter tradicional, parcialmente utilizable en estudios sobre modelaje, hacen necesaria una investigación exhaustiva de los factores meteorológicos a los fines de determinar o calibrar los modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera, producidos estos últimos en las diversas fuentes de emisión entre las que se destacan, como se ha mencionado en repetidas oportunidades, los vehículos automotores.

La DISCA no ha escatimado esfuerzos en llevar adelante esta fase del Estudio integral. A través de un proceso gradual de adquisiciones de instrumentos se encuentra en capacidad de realizar las actividades específicas de evaluación de los parámetros más importantes en la determinación de modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera. El mayor obstáculo en la ejecución conforme a las estimaciones de mayor prontitud en la obtención de resultados utilizables está representado por las propias características de la duración de las mediciones para que ellas tengan rigurosa validez científica.

La importancia de este esfuerzo se puede señalar en función de las políticas de desarrollo urbano. Con muy pocas excepciones y en las cuales el valle de Caracas no se cuenta, todo desarrollo urbano necesita de definiciones para expandir o reformar el uso de la tierra. La formulación de la política respectiva requiere de una información más precisa de la calidad del aire de la que se dispone actualmente. En términos más restringidos, los usos de la tierra estarán más íntimamente relacionados en lo que a calidad del aire se refiere en el valle de Caracas al uso del automóvil.

La complejidad del problema en cualquier política de desarrollo urbano se hace, día a día, mayor debido a la gran demanda de terrenos para construcción de edificaciones y a las condiciones geográficas poco propicias para el desarrollo urbanístico en función de expansión horizontal de la ciudad. Esto trae como consecuencia una substitución de construcciones de poca elevación por otras de considerable número de pisos y por consiguiente de usuarios cuya demanda de servicios y en el desarrollo de sus propias actividades contribuyen a agravar la situación. Así, geográficamente el área metropolitana de Caracas se encuentra ubicada en la sección centro-norte de Venezuela, a unos 10 kilómetros de la costa y con una altura promedio de 900 metros sobre el nivel del mar. Se extiende, dentro de las coordenadas nombradas en el comienzo de este Capítulo, en un valle principal este-oeste de unos 15 kilómetros de largo por 3,5 kilómetros de ancho, y en dos valles se-

cundarios orientados hacia el sur-oeste y sur-suroeste. Entre la costa y la ciudad se eleva la montaña El Avila, con alturas entre 1.700 y 2.700 metros sobre el nivel del mar. Al sur de la ciudad, a lo largo del valle principal, predominan colinas de 1.100 a 1.250 metros sobre el nivel del mar. Por consiguiente, la superficie plana del valle comprende unos 110 km², donde cualquier desarrollo urbanístico en el cual no se establezcan limitaciones drásticas, conduciría a una explosión significativa del problema de la contaminación atmosférica. Este problema se agravará en el futuro si no se toman las medidas preventivas necesarias para detener su avance, por una parte, y regresar a niveles de contaminación menores que los actuales, en la medida que ello sea posible.

3.9 CONTRIBUCION DE LAS FUENTES FIJAS EN LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL VALLE DE CARACAS.

Las determinaciones de las contribuciones de todas las fuentes de contaminación de la atmósfera son necesarias en todo estudio. De hecho, esta actividad adquiere características cada vez más complejas en la medida que se profundice en la evaluación. En los estudios que realiza la DISCA, estas determinaciones cubren el conjunto de todas las fuentes tanto móviles, representadas fundamentalmente por los vehículos automotores en el valle de Caracas, y las fuentes fijas, representadas por las industrias, incineración de basuras en edificios, quema de basura en los terrenos destinados para disposición final de la misma y actividades comerciales, como la venta de combustible, donde exista la posibilidad de emisión de contaminantes a la atmósfera, entre otras. En este caso particular de las fuentes fijas, el desarrollo de las actividades correspondientes cubre dos fases.

- a) Inventario de las fuentes y estimación de las emisiones a través del uso factores de emisión.
- b) Evaluaciones de campo para determinar, a través de mediciones en los efluentes, los contaminantes emitidos por procesos u operaciones industriales, comerciales y domésticas.

A mediados de 1977 se culminó la primera fase. El informe correspondiente será motivo de una publicación posterior, obedeciendo ello a un orden de prioridades de publicación establecido de acuerdo a la importancia relativa de las diferentes fuentes en el problema de la contaminación atmosférica, y por lo tanto, la contribución de los vehículos automotores, merece destacarse como el primero de los informes del "Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas".

Sin embargo, como marco de referencia, una serie de consideraciones se incluyen a continuación, como producto del avance de las investigaciones sobre fuentes fijas de emisión de contaminantes a la atmósfera en el valle de Caracas. La información que se presenta no debe interpretarse como valores absolutos. Sin embargo, con

todas las limitaciones del caso, las consideraciones son válidas para definir la extensión y distribución de los contaminantes del aire en el área estudiada.

3.9.1 Partículas.

Se arrojan 26.840 ton/año de partículas a la atmósfera por las fuentes fijas en el valle de Caracas. El 94,56% de este total, es emitido por procesos industriales principalmente las industrias de productos minerales como pedreras, fabricación de cemento y de productos asfálticos y en menor escala las de procesamiento de granos y fundiciones.

Se estima que un 40% de las partículas emitidas son sedimentables a muy cortas distancias permaneciendo en los confines de las plantas o sitios de producción. El resto son partículas en suspensión cuya dispersión está afectada por sus propiedades físicas y por las condiciones meteorológicas imperantes.

No es posible incluir por falta de información las cantidades apreciables de partículas producidas por trabajos de movimiento de tierra para la construcción de nuevas urbanizaciones y vías de comunicación, demoliciones y obras eventuales, donde partículas, en su mayoría sedimentables, ocasionan problemas en zonas vecinas al sitio de estos trabajos.

Las partículas contribuyen con un 45,65% en el total de contaminantes emitidos por fuentes fijas en el valle de Caracas.

3.9.2 Dióxido de azufre (SO₂).

En el valle de Caracas, se arroja a la atmósfera un total de 10.445 ton/año de dióxido de azufre. La fuente principal de este contaminante es la quema de combustible conteniendo azufre, como sucede en las plantas de generación de energía eléctrica situadas en el área bajo estudio, las cuales responden por el 57% del total de las emisiones, y las calderas y otros equipos de combustión, las cuales contribuyen con un 17% del total.

Los procesos industriales responden por un 26%, debidos casi en su totalidad al azufre contenido en la materia prima utilizada en una fábrica de cementsos.

Del total de contaminantes emitidos por las fuentes fijas, el dióxido de azufre contribuye con el 17,76%.

3.9.3 Compuestos Orgánicos.

Se incluyen en esta categoría de contaminantes a los compuestos orgánicos distintos de hidrocarburos en cuyas moléculas existe uno o varios átomos diferentes a los de carbono e hidrógeno, como aldehídos, cetonas, derivados halogenados, ácidos orgánicos, entre otros, y a todos aquellos contaminantes perdidos por evaporación de solventes orgánicos de composición desconocida.

Se estima un total de 6.093 ton/año de compuestos orgánicos emitidos a la atmósfera en el valle de Caracas, siendo las fuentes de emisión principales los procesos industriales con una contribución del 72%, y pérdidas por

evaporación de solventes clorados en tintorerías las cuales aportan el 27%. Los procesos industriales más contribuyentes a la emisión de estos contaminantes son los de pintura, laqueado, rotograbado, flexografía, desgrase, y la fabricación de productos con solventes incorporados como la elaboración de tintas y pinturas entre otros procesos. En las tintorerías, que usan solventes clorados como percloro etileno y tricloro etileno, las emisiones se producen durante el proceso de secado por arrastre del solvente con aire caliente. Los compuestos orgánicos constituyen el 10,36% del total de los contaminantes emitidos en el valle de Caracas por las fuentes fijas.

3.9.4 Hidrocarburos.

Para los efectos del estudio, se agruparon bajo este tipo de contaminantes todos aquellos compuestos orgánicos cuyas moléculas están constituidas exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno. En el valle de Caracas, se arrojan 4.672 ton/año de este contaminante, siendo las principales fuentes de emisión, las pérdidas por evaporación de gasolina en las estaciones de servicio que contribuyen con el 59%, los procesos industriales que aportan el 17% y las pérdidas por evaporación de solventes de petróleo en las tintorerías. Estas últimas, contribuyen con el 11% de la carga de estos contaminantes arrojados a la atmósfera.

En las estaciones de servicio se consideraron las pérdidas por evaporación durante el llenado de los tanques subterráneos de almacenamiento y durante el llenado a los tanques de los vehículos automotores. Las emisiones de este contaminante en la industria ocurren por evaporación de solventes de petróleo usados para desgrase y limpieza de maquinarias. En las tintorerías las emisiones ocurren por evaporación del solvente durante el secado.

Los hidrocarburos representan el 7,95% del total de contaminantes emitidos por las fuentes fijas en el valle de Caracas.

La mayor importancia de los hidrocarburos y compuestos orgánicos dentro de los contaminantes, radica en su habilidad para sufrir reacciones atmosféricas, en presencia de los óxidos de nitrógeno y de la luz solar, originando principalmente OZONO (90%) y otros compuestos orgánicos complejos.

Se estima que el 13% de los compuestos orgánicos y el 70% de los hidrocarburos son fotoquímicamente reactivos.

3.9.5 Dióxido de Nitrógeno (NO₂).

Se arrojan a la atmósfera un total de 7.925 ton/año de este contaminante por las fuentes fijas en el valle de Caracas.

La fuente principal de emisión la constituye la combustión estacionaria en las plantas de generación de energía eléctrica, que contribuye con el 64% y la operación de calderas que aportan el 23,4%.

El óxido de nitrógeno contribuye con un 13,48% al total de contaminantes emitidos por las fuentes fijas en el valle de Caracas.

3.9.6 Monóxido de Carbono.

En el valle de Caracas las fuentes fijas emiten un total de 2.819 ton/año de monóxido de carbono. Las fuentes, dentro de este grupo, que más peso tienen en la emisión de este contaminante son: las industrias, principalmente las de fundiciones con una contribución del 69,34% del total de las fuentes fijas y la incineración de basura con el aporte de un 20,82% de ese mismo total. El resto se debe a la quema de combustibles en calderas y plantas de generación de electricidad.

El monóxido de carbono representa el 4,79% del total de los contaminantes emitidos por fuentes fijas en el valle de Caracas.

3.9.7 Fuentes fijas de mayor potencial de contaminación atmosférica.

La definición de conceptos que sirvan de referencia para establecer determinado orden de prioridades es esencial en todo plan de investigación y control. A este efecto, se definieron fuentes puntuales de contaminación atmosférica como aquellas que emiten 100 o más toneladas por año de cualquiera de los cinco contaminantes siguientes: monóxido de carbono (CO); dióxido de azufre (SO₂); óxidos de nitrógeno (NO_x); partículas e hidrocarburos, o cualquiera de las fuentes de contaminación, que por su naturaleza emitan contaminantes de características de riesgo importante, independientemente de la cantidad de emisiones. Entre otras, en este grupo se incluyen: industrias químicas como de detergentes y jabones, pinturas y barnices, manufacturas de plástico, fibras sintéticas y caucho sintético; industrias alimenticias como tostado de café, procesamiento de granos y centrales azucareros; industrias metalúrgicas como producción de aleaciones ferrosas, plomo, zinc, hierro y acerías; industrias de productos minerales como asfalto de impermeabilización, concreto asfáltico, cemento, concreto listo, manufacturas de cal y procesamiento de arena, grava y rocas; todas las operaciones petroquímicas y de refinación de petróleos, así como también plantas de potencia, quema de basura a cielo abierto y operaciones con contaminantes altamente peligrosos como mercurio y asbestos.

Se determinaron 57 fuentes puntuales en el valle de Caracas, 24 de las cuales emiten más de 100 ton/año de cualquiera de los contaminantes considerados y el resto fue incluido en esta categoría por el tipo de proceso. Existen además 5 industrias con emisiones comprendidas entre 50 y 100 ton/año, no consideradas dentro del grupo de fuentes puntuales.

El 81% del total de los contaminantes emitidos por fuentes fijas, es debido a las fuentes puntuales. Es obvio que cualquier programa de control de la contaminación atmosférica debe orientar sus actividades sobre este grupo.

3.9.8 Resumen.

La carga anual a la atmósfera de contaminantes emitidos por las fuentes fijas en el valle de Caracas es de 58.794 ton/año o 161.078 kg/día, de los cuales el 46,65% son partículas; 17,76% SO₂; 13,48% NO₂; 10,36% compuestos orgánicos; 7,75% hidrocarburos y 4,79% CO. Se estima, por comparación con otras ciudades donde se han conducido inventarios similares, que el 13% de los compuestos orgánicos y el 70% de los hidrocarburos son compuestos fotoquímicamente reactivos, es decir, que toman parte en las reacciones de oxidación fotoquímica, derivado ozono y otros compuestos orgánicos complejos.

La contribución a las emisiones por categorías de fuentes son las siguientes:

Procesos industriales: 61,17%.

Combustión estacionaria, que incluyen calderas, otros equipos de combustión y generación de electricidad: 27,02%.

Pérdidas por evaporación, que incluyen las de las estaciones de servicio y tintorerías: 8,39%.

Incineración de basura: 3,42%.

Se determinó la existencia de 57 fuentes puntuales en el Valle, 24 de las cuales emiten más de 100 ton/año de alguno de los contaminantes inventariados y las 33 restantes fueron incluidas en esta categoría de acuerdo a la definición de fuente puntual. La contribución de las fuentes puntuales al total de las emisiones por fuentes fijas es de 81%, e incluyen 49 fuentes puntuales por emisiones derivadas de procesos industriales, 3 por olores, 2 por procesos de combustión para generación de electricidad y 3 por procesos de combustión en calderas.

Los porcentajes expresados, señalan en una forma clara, que el control de las fuentes puntuales es prioritario en el diseño de una estrategia de control para las emisiones ocasionadas por fuentes fijas.

En el valle de Caracas, un programa de control para fuentes fijas debería centrarse en las fuentes puntuales y en aquellos contaminantes emitidos por ellas en mayor cantidad. Para el control de las partículas existen en el mercado una gran variedad de equipos económicamente alcanzables a estas industrias. En el caso de los óxidos de azufre se obtendría una disminución apreciable, substituyendo, en los casos posibles, un combustible por otro de menor contenido de azufre. Los compuestos orgánicos son más difíciles de controlar ya que en una misma industria pueden existir varios focos de emisión, dificultando su control en una forma económica; pero sin embargo el control es siempre posible y depende fundamentalmente de la capacidad técnica de los responsables del programa de control en todos sus niveles.

En el caso de los incineradores debe mencionarse que, a pesar de su importancia como fuentes emisora, expresada en porcentaje dentro de las fuentes fijas, en sólo 3,42%, su operación defectuosa ocasiona molestias por

producción de humos y malos olores en zonas adyacentes a su ubicación, que ameritan una actividad de control sobre la fuente. Esta debe orientarse hacia las modificaciones en los equipos ya instalados y a una rigurosa revisión de las nuevas instalaciones en las etapas de proyecto y construcción.

3.10 CONTRIBUCION DE LAS FUENTES MOVILES EN LA CONTAMINACION ATMOSFERICA DEL VALLE DE CARACAS.

Constituye este aspecto el objetivo fundamental del informe que se presenta y en el cual a través de los otros capítulos se infiere la importancia del estudio de esta fuente de contaminación atmosférica y las razones que han determinado su presentación como prioritario sobre otras líneas de investigación en el "Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas". A título de comparación sin que ello constituya una definición de alternativas de control del problema, a la luz del avance del Estudio se observa que los vehículos automotores son responsables del 99,48% del monóxido de carbono emitido en el valle de Caracas, del 94,38% de los hidrocarburos y del 73,10% del dióxido de nitrógeno. Por su parte las fuentes fijas son responsables de la casi totalidad de los compuestos orgánicos distintos de hidrocarburos, del 90,51% del dióxido de azufre y del 89,10% de las partículas.

Si se totalizan los contaminantes producidos por ambas fuentes se obtiene una emisión diaria de 1.769 toneladas de los cuales el 9,11% es emitido por fuentes fijas.

El análisis de este último valor porcentual parece indicar que una política de control debería centrarse en las fuentes móviles; sin embargo hay que considerar que las fuentes fijas son las emisiones principales de ciertos contaminantes como partículas, óxidos de azufre y compuestos orgánicos y que el control de algunas fuentes puntuales es necesario a causa de los problemas que ocasionan en sitios cercanos a su ubicación. En general, el control de las fuentes fijas ofrece mejores prerrogativas que las fuentes móviles en cuanto a la disponibilidad e instalación de sistemas de control. Tomando como ejemplo a la ciudad de Los Angeles, EE.UU., la aplicación de un programa de control riguroso, logró disminuir las emisiones ocasionadas por fuentes fijas en un 89% y por fuentes móviles en un 48% hasta 1973, después de 23 años de iniciado el programa, considerado el más estricto en Norteamérica. De hecho, los avances más significativos fueron logrados a partir de 1966 para las fuentes móviles y a partir de 1957 para las fuentes fijas.

3.11 ESTUDIO SOBRE LA POSIBLE FORMACION DE "SMOG" FOTOQUIMICO EN EL VALLE DE CARACAS.

Es este, conjuntamente con la definición del modelo o de los modelos de dispersión de contaminantes en la

atmósfera, uno de los aspectos de mayor interés en el "Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas" que ejecuta la DISCA. Es evidente que un número significativo de mediciones es necesario para establecer con criterios realmente científicos las características de este fenómeno en el valle de Caracas. El conjunto de actividades descritas, en forma general, en párrafos anteriores nutren a este estudio y de allí el carácter integral que se le ha dado a la investigación. El definir acciones de control sobre las fuentes fijas y móviles de contaminación atmosférica a los fines de disminuir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, no interfiere con la ejecución de esta investigación. La experiencia que se alcanza a través de la revisión de los avances hechos en este campo en otros países de mayor historia que el nuestro, en las actividades de control de la contaminación atmosférica, demuestra un avance relativamente lento en el logro de los objetivos de los respectivos programas de control.

En el valle de Caracas, como se mencionara en el Capítulo 1, se encuentran condiciones que inducen a la formación de "smog". Sin embargo, la cuantificación del fenómeno es necesaria y ésta no puede sustentarse sobre mediciones aisladas. Por consiguiente, como se mencionara en párrafos de este Capítulo, un vigoroso empuje en la ejecución de las actividades adicionales necesarias para definir las características de formación del "smog" fotoquímico en el valle de Caracas, está en marcha a partir de agosto de 1978. De acuerdo a la planificación de las actividades y según las necesidades estadísticas para definir criterios acerca del fenómeno, se estima que esta definición se alcanzará a finales de 1979. Parte substancial de la información básica necesaria para definir estos criterios está procesada y sólo las limitaciones determinadas por el desarrollo de las actividades de meteorología y el de la instrumentación de los estudios de calidad del aire no permiten establecer conclusiones al respecto.

3.12 MODELOS DE DISPERSION DE CONTAMINANTES.

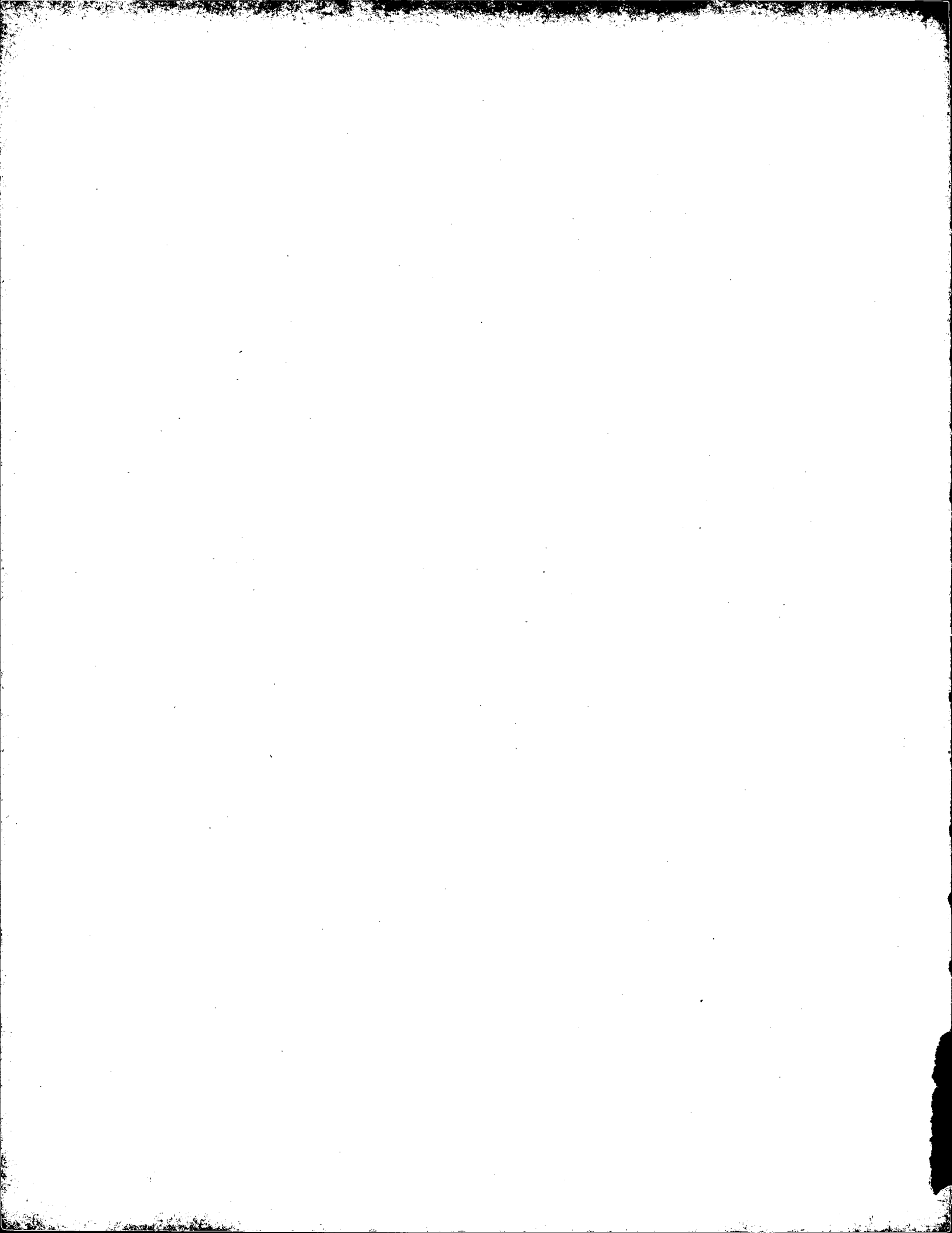
Como se indicase en los párrafos anteriores, la definición de los modelos de dispersión de contaminantes

en el valle de Caracas representan un aspecto del estudio que por sus características complejas constituye un verdadero reto desde el punto de vista científico. En el campo práctico, su importancia es indiscutible dado el amplio campo que se le abre a los planificadores para establecer sus objetivos. Es conveniente hacer énfasis en que la definición de los modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera si bien no constituyen el eje central en una toma de decisión particular, como podría ser la planificación de un desarrollo urbanístico, contribuye significativamente cuando se precisa de una evaluación del impacto ambiental de ese desarrollo urbanístico.

Una alternativa, indescartable, es desarrollar estrategias de control de la contaminación atmosférica a largo plazo sin el empleo de modelos matemáticos de dispersión de contaminantes en la atmósfera. Esta alternativa es factible sólo cuando se agotan todos los recursos necesarios para la definición del modelo, y las conclusiones de ese estudio revelen un costo muy alto de la instrumentación del programa por una concurrencia de múltiples factores complejos. Por lo general, este no es el caso y el medio más económico, a largo plazo, es el de llevar a cabo una estrategia de control fundamentada sobre modelos de dispersión de contaminantes. En el caso particular de este informe, se justifica la definición de una estrategia de control de las fuentes móviles, particularmente para el contaminante monóxido de carbono, debido a las descargas, día a día mayores, que en un plazo relativamente corto pueden constituirse en un serio problema y para el cual no se tendrían disponible los elementos de control necesarios. Por consiguiente, la alternativa de establecer estrategias de control basadas sobre los elementos de juicio disponibles, resulta ser la más conveniente en esta etapa del Estudio. Esto no descarta la continuación de las actividades que tengan por objetivo definir el modelo de dispersión de CO en el valle de Caracas, o de los modelos locales en áreas pequeñas o avenidas, siempre que ello sea razonablemente justificado. Para concluir, es conveniente mencionar que el CO es un caso muy particular y especialmente sensible a la ubicación del captador de la muestra de aire por lo que se pueden presentar variaciones drásticas. Esto conduce a crear dificultades en la definición del modelo matemático de su dispersión en la atmósfera.

CAPITULO 4

ACTIVIDADES DESARROLLADAS
PARA EL DIAGNOSTICO DE
LA CONTAMINACION ATMOSFERICA
EN EL VALLE DE CARACAS
POR VEHICULOS AUTOMOTORES



4. EVALUACION DE LA EXPOSICION A MONOXIDO DE CARBONO (CO) EN EL VALLE DE CARACAS.

La evaluación de la exposición a monóxido de carbono (CO) en el valle de Caracas se desarrolló en forma intensiva para definir el alcance de esta exposición en los lugares de estudio seleccionados. Esta evaluación cubrió las principales avenidas y calles de la ciudad para tener una representación real de la magnitud del problema en las diversas áreas geográficas delimitadas por las mismas. Al efecto se definieron tres tipos de áreas por su tamaño:

- a) micro-áreas reducidas;
- b) micro-áreas;
- c) macro-áreas.

A) *Micro-áreas reducidas de exposición.*

Se refieren a los puntos localizados sobre una calle o avenida, o como se deduce de su calificación, de un área de muy poca cobertura en dimensiones.

B) *Micro-áreas de exposición.*

Se definen, a los efectos del estudio de las exposiciones a un determinado contaminante, CO en nuestro caso, como las áreas circunscritas entre varias calles y avenidas. Como elemento de referencia se define como área mínima la equivalente a un cuadrado de 200 metros de lado. Es evidente que dentro de un estudio de micro-áreas están incluidos varios estudios de micro-áreas reducidas.

C) *Macro-áreas de exposición.*

Las macro-áreas de exposición se definen como un conjunto de micro-áreas, cubriendo de esta forma una vasta porción de la ciudad o toda ella.

4.1 ESTUDIOS DE EXPOSICION A CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN MICRO-AREAS.

De los diversos estudios de micro-áreas realizados en el valle de Caracas para definir la magnitud de la exposición a monóxido de carbono en el mismo, se presenta en detalle la investigación realizada en el Centro Simón Bolívar, a partir de la segunda quincena del mes de octubre de 1974, hasta la tercera semana del mes de marzo de 1975. Las actividades realizadas al inicio de esta investigación fueron las siguientes:

- Acondicionamiento del equipo de análisis.
- Consideraciones sobre la técnica de muestreo.
- Análisis de muestras.
- Procesamiento de datos.
- Asignación de recursos humanos.

4.1.1. Acondicionamiento del equipo de análisis.

Se disponía para el análisis de las muestras de un analizador de rayos infrarrojos modelo LIRA 200, aparentemente en buen estado pero con cierto tiempo sin funcionar. Llevarlo a condiciones óptimas de funcionamiento requirió lo siguiente:

- Verificación del funcionamiento del equipo.
- Calibración y ajuste del analizador.
- Obtención de accesorios adecuados.

4.1.1.1 *Verificación del funcionamiento del equipo.*

Se verificó el funcionamiento del analizador, dando resultados satisfactorios. Se revisaron las bombonas de gas existentes, la bomba recolectora de muestras y se acondicionó un sistema de flujo con un filtro y un desecante. El 29-10-74, se realizó el primer intento de calibración.

4.1.1.2 *Calibración y ajuste del analizador.*

La calibración se llevó a cabo con dos bombonas de gases concentración conocida (0 y 80 p.p.m. de CO). La desviación encontrada fue de ± 2 p.p.m., necesitando un tiempo de 45 segundos para dar la lectura definitiva. Calibraciones en rangos intermedios no fueron posibles debido a no disponerse de los gases de calibración y a las dificultades para obtenerlos en plaza.

Los principales inconvenientes encontrados en la calibración fueron los siguientes:

a) El sistema de secado existente no funcionaba adecuadamente. El vapor de agua es la interferencia más significativa para la obtención de resultados satisfactorios en el funcionamiento del analizador y por consiguiente es necesario eliminarlo totalmente. Esta dificultad se solucionó con la adquisición de los accesorios apropiados, conforme a los requerimientos técnicos del caso: unidades de secado, frascos desecantes, tubería de polietileno y abrazaderas metálicas.

b) Poca capacidad de las bolsas de recolección de muestras. Las bolsas de polietileno con las cuales se contaba, tenían un volumen de 0,5 litros. La rata de flujo recomendada es de 2 l/min. y el aparato tiene un tiempo de respuesta de aproximadamente, 45 seg. lo cual trajo como consecuencia de que esas bolsas no eran apropiadas para la experiencia. Se trató de conseguir bolsas de muestreo de gases en las casas comerciales especializadas a nivel local con un resultado negativo. Finalmente se ensayó con globos de polietileno usados comúnmente en la playa, arrojando resultados satisfactorios. El volumen de estos globos es aproximadamente 6 litros.

c) Funcionamiento inadecuado de la bomba para muestreo. Las fugas de aceite determinaron interferencias que invalidaban las lecturas obtenidas en el analizador. Se efectuaron las modificaciones y reparaciones en la bomba para solucionar el problema, así como también

se implantó un sistema de mantenimiento para evitar problemas de esta naturaleza en etapas posteriores del estudio.

4.1.1.3 *Obtención de accesorios adecuados.*

Dado que la mayor parte de los problemas surgidos en el funcionamiento del equipo tenían su origen en accesorios inapropiados, se inició un proceso de adquisición de dispositivos y repuestos suficientes para solucionar con prontitud los futuros problemas que por esta causa pudieran surgir en la ejecución del trabajo.

4.1.2 *Consideraciones sobre la técnica de muestreo.*

Los aspectos principales referentes a la técnica de muestreo pueden resumirse en dos grupos:

- a) Delimitación del área de muestreo.
- b) Técnica de muestreo.

4.1.2.1 *Delimitación del área de muestreo.*

Para definir el área de muestreo se realizó una inspección de la micro-área seleccionada para la evaluación de la exposición a CO en la ciudad. Esta micro-área comprendió la parte externa al Centro Simón Bolívar, de circulación de vehículos, y la parte comercial interna del mismo, incluyendo las zonas dedicadas a estacionamiento de vehículos y túneles.

Para facilitar su identificación el área de muestreo se dividió en dos zonas, calificadas como zona externa e interna respectivamente. La Zona I (externa) se constituyó por las áreas vecinas de circulación de vehículos al Centro Simón Bolívar y la parte comercial (pasajes). La Zona II (interna) se constituyó por los sótanos o estacionamientos. En cada una de éstas se seleccionaron doce puntos de muestreo, con un total de veinticuatro para las dos.

Puntos de captación de muestras.

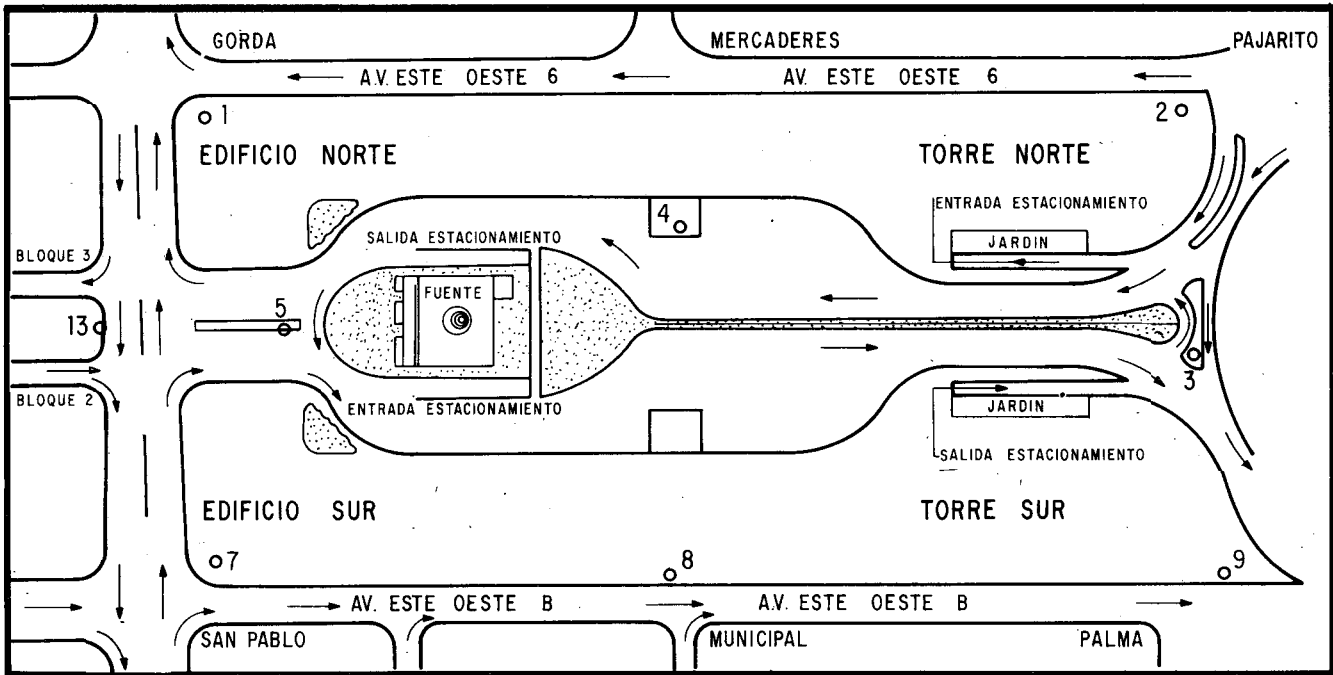
- Nº 1 Esquina Gorda, ángulo Sur-Este.
- Nº 2 Esquina Pajaritos, frente a la entrada de la escalera Portal Orinoco.
- Nº 3 Sobre la Avenida Bolívar entre Esquina Pajaritos y Palma, en la isla frente a la edificación ocupada por el Consejo Supremo Electoral.
- Nº 4 Sobre la Avenida Bolívar entre las Esquinas Municipal y Mercaderes.
- Nº 5 Sobre la Avenida Bolívar entre las Esquinas Gorda y San Pablo, en el centro de los Edificios Norte y Sur del Centro Simón Bolívar.
- Nº 6 Plaza Diego Ibarra. Toma de muestras en el punto medio (área cubierta) entre las Esquinas Palma y Pajaritos.
- Nº 7 Esquina San Pablo. Toma de muestras en el ángulo norte-este.
- Nº 8 Esquina Municipal, acera norte.

- Nº 9 Esquina Palma, acera norte.
- Nº 10 Mitad del Pasaje Sur (Pasaje Río Caroni).
- Nº 11 Mitad del Pasaje Municipal-Mercaderes (Pasaje Río Apure).
- Nº 12 Mitad del Pasaje Norte (Pasaje Río Torbes).
- Nº 13 Salida del Túnel de la Avenida Bolívar, altura 2,5 metros sobre el nivel del piso. Muestra tomada desde el puente.
- Nº 14 Entrada al estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar, a la altura de entrega de boletos.
- Nº 15 Angulo norte-este del estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar. Inicio de la rampa hacia la Esquina Sociedad.
- Nº 16 Intersección de la avenida que une las Esquinas Cipreses y Sociedad, sentido sur-norte, con la salida hacia la Avenida Bolívar, frente al estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar.
- Nº 17 Angulo sur-este del estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar, a la altura de la entrada al estacionamiento Río Chama.
- Nº 18 Salida del estacionamiento Río Tuy, ángulo sur-oeste, del Centro Simón Bolívar hacia la Esquina Miracielo.
- Nº 19 Representativo del área sur-oeste del estacionamiento para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social en el Centro Simón Bolívar.
- Nº 20 Representativo del área norte-oeste del estacionamiento para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social en el Centro Simón Bolívar.
- Nº 21 Punto medio entre los ángulos norte-oeste y norte-este del estacionamiento para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en el Centro Simón Bolívar.
- Nº 22 Representativo del área sur-este del estacionamiento para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en el Centro Simón Bolívar.
- Nº 23 Túnel de la Avenida Bolívar. Toma de muestras en la mitad del Túnel, lateral a los canales de circulación hacia la Plaza O' Leary.
- Nº 24 Túnel de la Avenida Bolívar. Toma de muestras en la mitad del Túnel, lateral a los canales de circulación en sentido oeste-este.

Los puntos 1 al 12 (Zona I), se distribuyeron de forma tal que los nueve primeros estaban próximos a la zona de circulación de vehículos y con la toma de muestra a 1,50 mts. del borde de la acera y una altura aproximada de 1,50 mts. Los puntos 13 al 24 (Zona II) se distribuyeron a razón de cuatro por área de estacionamiento, en los puntos de mayor exposición, así como en las áreas de ambiente común con acceso a, y salidas de, los estacionamientos a otras vías y en el túnel de la Avenida Bolívar.

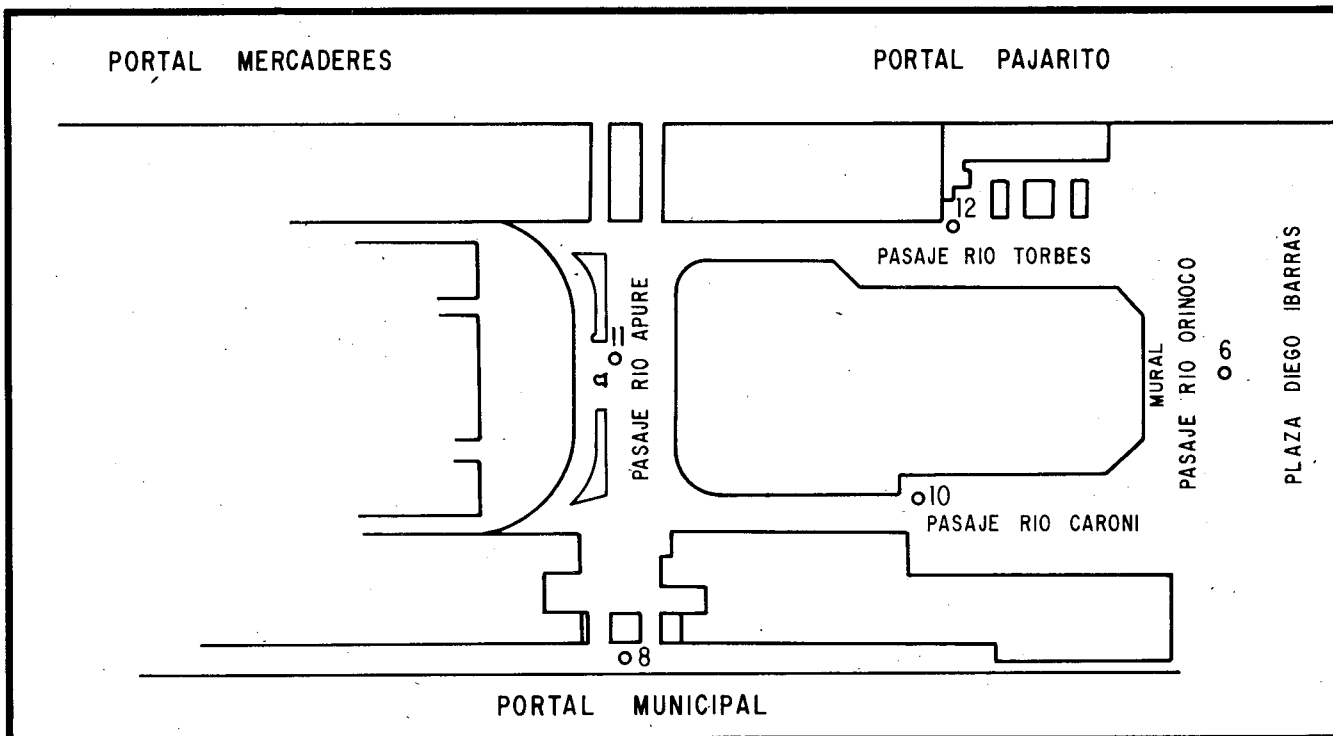
En los planos 1 al 4 se presentan en forma gráfica los puntos de muestreo.

Plano 1



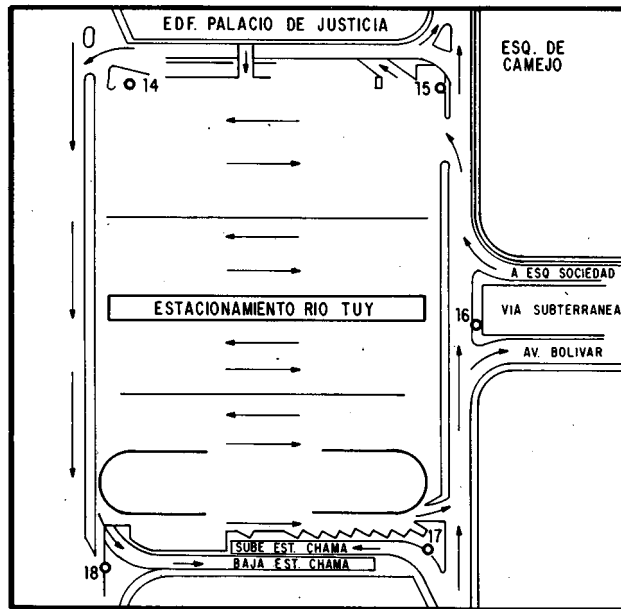
Ubicación de los puntos de captación de muestras de aire, en las áreas adyacentes al Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Plano 2



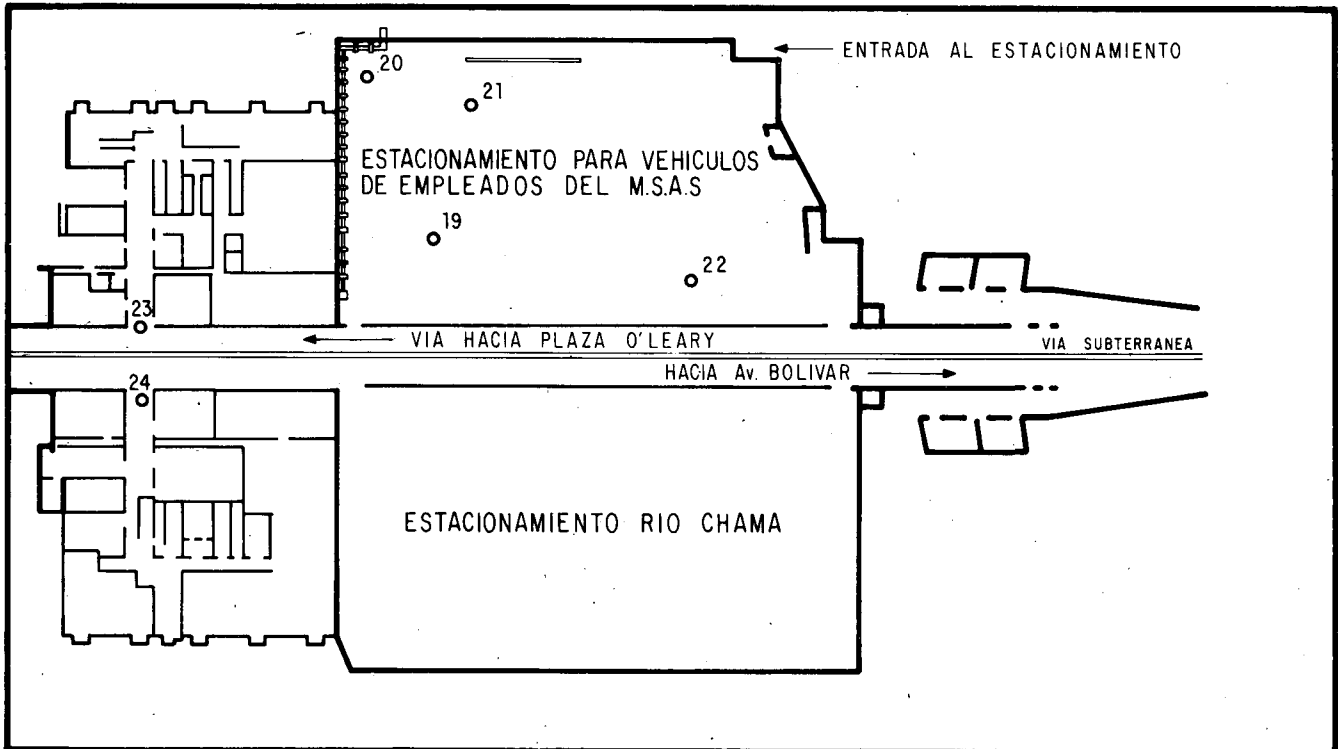
Ubicación de los puntos de captación de muestras de aire, en el área comercial (pasejes) del Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Plano 3



Ubicación de los puntos de captación de muestras de aire, en el estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Plano 4



Ubicación de los puntos de captación de muestras de aire, en el estacionamiento para vehículos de empleados del M.S.A.S., estacionamiento Río Chama y Túnel de la Avenida Bolívar en el Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

4.1.2.2 Técnica de muestreo.

La captación de las muestras de aire se realizó en los veinticuatro puntos de muestreo, en bolsas de polietileno de un volumen aproximado de seis litros cada una, los cuales se llenaron haciendo uso de perillas succionadoras, operadas manualmente.

La cantidad de bolsas empleadas en la ejecución del proyecto, fue de aproximadamente 200 bolsas. A cada una de ellas, se le adicionó una tubería de vidrio de dimensiones 5 mm de diámetro por 50 mm de longitud, y una manguera de goma de las mismas dimensiones que la tubería de vidrio mencionada. Se utilizaron pinzas de Morh para el cierre de cada bolsa.

Las muestras se captaron durante doce horas diarias, de lunes a sábado en forma regular y continua, tomando cuatro muestras en treinta minutos en cada punto, con un tiempo efectivo de 2 minutos de recolección por muestra. En las fotografías 1 a 4 se observan varios aspectos de la evaluación. Para definir la magnitud de la exposición en los siete días de la semana se realizaron evaluaciones durante dos domingos. Los detalles referentes al estudio de la micro-área seleccionada se resumen en el siguiente esquema:

Número total de puntos de muestreo: 24
Duración diaria de muestreo: 12 horas
Días de muestreo: lunes a sábado (inclusive)
Duración del muestreo: 52 días.

Frecuencia de muestreo:

30 minutos en cada punto, tomándose 4 muestras una cada cinco minutos con un tiempo efectivo de 2 minutos de recolección por muestra.

Número de muestras diarias: 192 muestras
Número de muestras por punto: 384
Número total de muestras: 9.984

El recurso humano disponible se sometió a un proceso previo de adiestramiento y prueba que permitiese garantizar el fiel cumplimiento de las labores asignadas. A continuación se presenta el seguimiento de las actividades realizadas durante un día regular de muestreo:

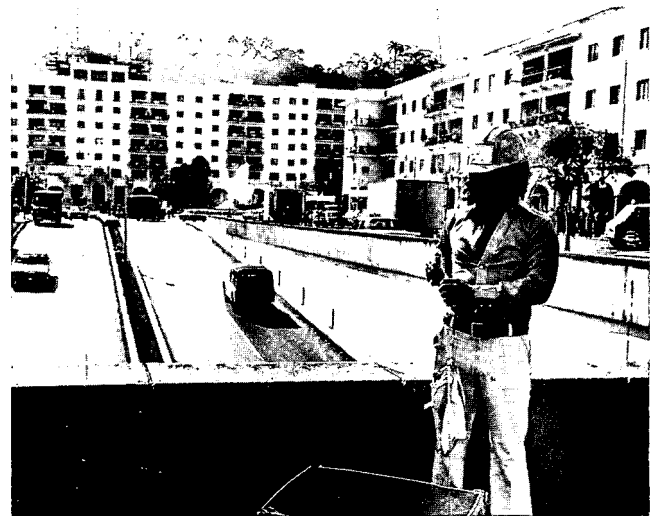
- 6:30 a.m. Inicio de las actividades diarias.
- 6:30 a.m. Poner en funcionamiento el analizador.
Encendido del aparato.
Reparto del material e instrucciones. Cada muestreador sale con 40 bolsas vacías.
- 6:50 a.m. Supervisión de la salida de los muestreadores hacia los puntos respectivos.
- 7:00 a.m. Se comienza a hacerle el vacío a las bolsas.
- 7:10 a.m. Supervisión de la salida del recogedor de muestras.
- 7:30 a.m. Hora aproximada de llegada del recogedor al laboratorio con las primeras 8 bolsas infladas.

Fotografía 1



Captación de muestras de aire en uno de los puntos del área adyacente al Centro Simón Bolívar.

Fotografía 2



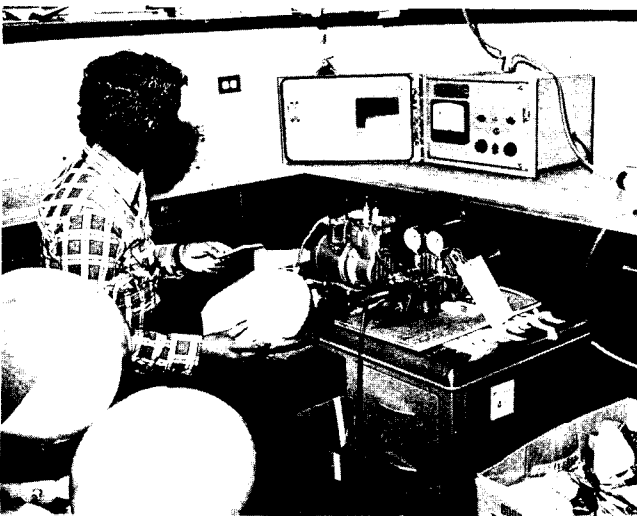
Captación de muestras de aire a la salida del túnel de la Avda. Bolívar.

Fotografía 3



Traslado de las muestras de aire para su análisis en el laboratorio.

Fotografía 4



Análisis de las muestras de aire.

- 8:30 a.m. Supervisión a los puntos de muestreo, tiempo aproximado 50 minutos.
- 9:30 a.m. Se comienza a calibrar el analizador.
- 10:00 a.m. Se comienza el análisis. A las 12:00 m. se habrán analizado 46 muestras. En la primera hora se analizan muestras durante 55 minutos y se dedican 5 minutos para calibración.
- 12:30 p.m. Supervisión de la llegada del personal del segundo turno. Reparto de material e instrucciones. Cada muestreador sale con 32 bolsas vacías.
- 12:40 p.m. Supervisión de la última salida del recogedor de bolsas del primer turno.
- 12:50 p.m. Supervisión de la salida de los muestreadores del segundo turno hacia los puntos respectivos.
- 1:00 p.m. Supervisión de la llegada del personal del primer turno y la conclusión de sus tareas.
- 1:10 p.m. Supervisión de la salida del recogedor de muestra.
- 1:00 p.m. Se continúa el análisis. A las 3:00 p.m. se han analizado 46 muestras. Analizando 55 minutos y 5 minutos para calibrar en la primera hora de trabajo. Quedan 36 bolsas por analizar.
- 2:00 p.m. Se continúa el vaciado de las bolsas. A las 6:00 p.m. están vaciadas 120 bolsas utilizando una bomba.
- 3:00 p.m. Supervisión a los puntos de muestreo, aproximadamente 50 minutos.
- 3:00 p.m. Se continúa el análisis. Hasta las 7:30 p.m. deben analizarse 100 muestras, dejando 5 minutos para calibración cada hora de trabajo.
- Total de muestras analizadas por día: $46+46+100=192$
- 7:00 p.m. Supervisión de la llegada del personal del segundo turno y conclusión del trabajo del día.

Tanto las personas que estaban captando muestras en los puntos de muestreo como la persona encargada de recoger las bolsas iban provistas de una hoja de ruta con indicación de los sitios en los cuales esas personas debían estar, la hora, su ubicación y un espacio para anotar cualquier observación.

4.1.3 Procesamiento de datos.

A este efecto, se prepararon tres programas para usar computadoras en el procesamiento de los datos. El primero de estos programas fue el cálculo de los máximos, mínimos, promedios, desviaciones y porcentajes de frecuencia que excedan cierta concentración para diferentes promedios de tiempo.

El segundo fue para el cálculo de percentiles y su desviación para cada punto y para cada zona de mues-

treo, correspondientes a diferentes promedios de tiempo. Finalmente, se preparó un programa para relacionar los datos de concentración de CO con el volumen de tráfico de vehículos, mediante el método de los mínimos cuadrados.

Estos programas se hicieron en el lenguaje de programación FORTRAN IV para un computador Burroughs B-6700, propiedad del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), el cual cedió el tiempo de computador necesario para el procesamiento de datos.

La información correspondiente a la circulación de vehículos automotores fue obtenida del Departamento de Tránsito de la Oficina Ministerial de Transporte del, antes del 1º de abril de 1977, Ministerio de Obras Públicas y por conteo directo para la determinación de las cantidades promedios de diferentes clases de vehículos, a saber carros particulares, carros de alquiler o taxis, autobuses de carga y motocicletas.

4.1.4 *Asignación de Recursos Humanos.*

El personal utilizado en la realización de las operaciones de muestreo, análisis, supervisión y ordenamiento de datos antes descritos fue de 11 personas: 2 Ingenieros Químicos, 2 Técnicos Químicos, 2 Inspectores Sanitarios y 5 Auxiliares de Inspectores. Posteriormente, se utilizaron los servicios de 1 Ingeniero Químico para procesar los datos en forma estadística. Los servicios de mecanografía y dibujo, fueron prestados por 2 secretarías y 1 dibujante, los cuales no fueron utilizados a tiempo completo, por no ser necesario.

4.2 ESTUDIOS DE EXPOSICION A CONTAMINANTES ATMOSFERICOS EN MACRO-AREAS.

La evaluación sistemática de las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la atmósfera del valle de Caracas (macro-área) fue cumplida en forma gradual a través de los diversos estudios en micro-áreas, como el del Centro Simón Bolívar, a partir de enero de 1975. Simultáneamente o en períodos de tiempo comprendidos entre determinaciones sucesivas de concentraciones de CO, se obtuvieron parámetros sobre la circulación de vehículos automotores en el valle de Caracas para lograr la evaluación integral de la magnitud de la situación sobre la exposición a CO e indirectamente a otros contaminantes como los óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC) y óxidos de azufre (SO_x).

Posterior a la evaluación que se hiciese en el Centro Simón Bolívar, descrita en párrafos anteriores, se hicieron algunas modificaciones a la metodología de trabajo. Por una parte, observaciones acerca de las variaciones de las concentraciones de CO según la hora del día en la investigación realizada en el Centro Simón Bolívar, primera micro-área investigada, permitieron es-

tablecer tres períodos de interés para la investigación sobre CO en el ciclo de las doce horas comprendidas entre las 7: a.m. y 7:00 p.m. Por otra parte, las distancias cada vez mayores de los sitios de captación de las muestras al laboratorio donde se realizaron los análisis, determinaron pequeñas modificaciones en el esquema de operación empleado en el Centro Simón Bolívar. Finalmente, el empleo de instrumentos de medición directa de contaminantes atmosféricos permitió realizar un mayor número de determinaciones de concentraciones de CO en la atmósfera del valle de Caracas. La incorporación de este tipo de instrumentos fue una consecuencia de los trámites de adquisición iniciados a partir de agosto de 1974. Coincidentalmente, el primero en llegar, dentro del proceso administrativo de las adquisiciones, fue un Ecolyzer para la medición de CO. En los párrafos siguientes se ilustra el trabajo realizado en una macro-área definida en el casco central de la ciudad, limitada por las Avenidas Fuerzas Armadas, San Martín, Baralt, Urdaneta y Oeste 14, en la porción comprendida entre la Esquina Isleños, Plaza España, Plaza Capuchinos y Esquina Llaguno.

4.2.1 *Consideración general.*

Para conocer la situación real de la exposición a monóxido de carbono (CO) en el casco central de la ciudad se definió el estudio en forma similar a la del estudio realizado en el Centro Simón Bolívar.

4.2.2 *Acondicionamiento del equipo de análisis.*

Para realizar las mediciones de las concentraciones de CO se usaron dos tipos de instrumentos. El primer tipo fue el Ecolyzer, instrumento de tipo portátil con dos escalas de medición en los rangos de 0-100 ppm. y de 0-600 ppm. El segundo fue el analizador de rayos infrarrojos modelo LIRA 200 utilizado en el estudio del Centro Simón Bolívar.

La revisión de estos equipos determinó que ambos se encontraban en perfectas condiciones. Por una parte, la revisión del Ecolyzer ratificó el buen estado del instrumento al recibirse y permitió verificar la consistencia de los valores obtenidos con este instrumento contra los obtenidos en el LIRA 200. Ambos instrumentos fueron calibrados al menos dos veces diarias con una mezcla de 80 ppm. de CO en nitrógeno. A similitud de los comentarios hechos para el caso de la calibración de instrumentos en evaluación de CO en el Centro Simón Bolívar, las calibraciones en rangos intermedios no fueron posibles debido a no disponerse de los gases de calibración y a las dificultades para obtenerlos en plaza.

Dada la importancia del mantenimiento continuo de los equipos a utilizarse en el análisis de las muestras de aire, se ratificó la necesidad de extremar las medidas conducentes al mantenimiento de los equipos en perfecto estado.

4.2.3 Consideraciones sobre la técnica de muestreo.

4.2.3.1 Delimitación del área de muestreo.

En el área seleccionada para realizar la investigación y que para los efectos de esta presentación se denomina "casco central" está limitada por las Avenidas Fuerzas Armadas, San Martín, Baralt, Urdaneta y Oeste 14, en la porción comprendida entre la Esquina de Isleños, Plaza España, Plaza Capuchinos y Esquina Llaguno, limitando así un área de 1,2 km².

En esta área se seleccionaron sobre nueve de las avenidas principales cincuenticuatro puntos de recolección de muestras, numerados en forma consecutiva del 1 al 54 para su identificación. Se describe la ubicación de los mismos.

PUNTO

Avenida Oeste 14.

- Nº 1 Esquina Capuchino.
- Nº 2 Esquina Pescador.
- Nº 3 Esquina Bucare.
- Nº 4 Esquina Cárcel.
- Nº 5 Esquina Candilito.
- Nº 6 Esquina Isleños.

Avenida Oeste 12.

- Nº 7 Esquina Jesús.
- Nº 8 Esquina Maderero.
- Nº 9 Esquina Hospital.
- Nº 10 Esquina Hoyo.
- Nº 11 Esquina Pinto.
- Nº 12 Esquina Cristo.

Avenida Oeste 10.

(Avenida Lecuna)

- Nº 13 Esquina Angelito.
- Nº 14 Esquina Miranda.
- Nº 15 Esquina Miracielos.
- Nº 16 Esquina Velásquez.
- Nº 17 Esquina Miseria.
- Nº 18 Esquina Rosario.

Avenida Oeste 8.

- Nº 19 Esquina Rivoli.
- Nº 20 Esquina San Pablo.
- Nº 21 Esquina Santa Teresa.
- Nº 22 Esquina Cruz Verde.
- Nº 23 Esquina Zamuro.
- Nº 24 Esquina Pájaro.

Avenida Oeste 6.

- Nº 25 Esquina Aserradero.
- Nº 26 Esquina Gorda.
- Nº 27 Esquina Pajaritos.
- Nº 28 Esquina Camejo.
- Nº 29 Esquina Colón.
- Nº 30 Esquina Peinero.

Avenida Oeste 4.

(Avenida Universidad).

- Nº 31 Esquina Escalinata.
- Nº 32 Esquina Pedrera.
- Nº 33 Esquina San Francisco.
- Nº 34 Esquina Traposos.
- Nº 35 Esquina Chorro.
- Nº 36 Esquina Corazón de Jesús.

Avenida Oeste 2.

- Nº 37 Esquina Solís.
- Nº 38 Esquina Muñoz.
- Nº 39 Esquina Padre Sierra.
- Nº 40 Esquina Gradillas.
- Nº 41 Esquina Dr. Paúl.
- Nº 42 Esquina Socarrás.

Avenida Oeste 0.

- Nº 43 Esquina Camino Nuevo.
- Nº 44 Esquina Piñango.
- Nº 45 Esquina Principal.
- Nº 46 Esquina Madrices.
- Nº 47 Esquina Marrón.
- Nº 48 Esquina Romualda.

Avenida Urdaneta.

- Nº 49 Esquina Bolero.
- Nº 50 Esquina Llaguno.
- Nº 51 Esquina Sta. Capilla.
- Nº 52 Esquina Veroes.
- Nº 53 Esquina Pelota.
- Nº 54 Esquina Plaza España.

4.2.3.2 Técnica de muestreo.

Se utilizaron dos métodos para la determinación de las concentraciones de CO. El primer método, fue similar al empleado en el Centro Simón Bolívar, introduciéndole algunas modificaciones tendientes a mejorar la práctica de la captación de las muestras de aire.

El segundo método consistió en medir directamente las concentraciones de CO, empleando el Ecolyzer.

Por las características individuales de estos métodos, al primero se le denominó muestreo fijo con colección de muestras en bolsas y al segundo, muestreo móvil continuo. En ambos métodos, simultáneamente con la captación de las muestras de aire y con las lecturas de las concentraciones de CO, se determinaron la velocidad y dirección del movimiento del aire en el sentido de desplazamiento horizontales.

A) *Muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas.*

Colección de las muestras de aire.

La colección se hizo por medio de bolsas de polietileno de capacidad individual de 15 litros. La estabilidad de la concentración de CO en función del tiempo de permanencia en las bolsas, había sido determinada

por investigación a nivel de laboratorio en las etapas preparatorias del muestreo. La inalteración de la concentración de CO fue comprobada con muestras de concentración conocida (80 ppm. de CO en nitrógeno), al menos para un período de ocho días al emplear este material. Sin embargo durante los muestreos, no pasaron más de 24 horas entre la captación de las muestras de aire y su análisis respectivo.

El llenado de la bolsa, a diferencia del procedimiento manual empleado anteriormente, se realizó utilizando pequeñas bombas tipo acuario. Es de advertir que en las etapas de preparación del muestreo, se estudió este método de captación comparándolo con el procedimiento manual. Según esta comparación la correlación fue perfecta, con un máximo de 1% de desviación en los resultados.

El empleo de las bombas de acuario para la captación de las muestras de aire fue posible sólo después de hacerles modificaciones para garantizar la entrada total del aire a la bolsa a la cual se adaptaba una en particular. La energía para su funcionamiento se suministró por medio de pilas. Estas eran cambiadas cada 30 minutos con la finalidad de garantizar un suministro de energía óptimo. Las pilas usadas eran recargadas y evaluada su carga para su empleo en otras captaciones de días posteriores. La regulación del flujo de aire durante la captación de cada muestra se realizó con válvulas reguladoras de flujo que permitieron mantenerlo constante durante la operación de captación. En la fotografía 5 se observa la captación de una muestra de aire empleando el sistema descrito.

Para el caso particular que se describe, la captación de las muestras de aire se realizó durante el período comprendido entre el 19 de julio y el 11 de agosto de 1976. En relación con el muestreo realizado en el Centro Simón Bolívar se destacan los siguientes hechos: a) la captación de cada muestra se realizó durante treinta minutos consecutivos. Esto fue posible debido a las dos circunstancias nombradas con anterioridad, mayor capacidad (15 litros contra 6) de las bolsas empleadas en el muestreo y empleo de las bombas de acuario que permitieron eliminar el factor cansancio muscular en la captación de la muestra durante la operación manual; b) las captaciones de muestras de aire se realizaron durante tres períodos correspondieron a los comprendidos entre las 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y, 3:30 p.m. a 6:30 p.m. La captación de cada muestra se realizó a una altura de 1,50 metros y a una distancia de 1,50 metros del límite exterior de la acera, cuando su ancho lo permitía. Cada muestra captada fue analizada dentro de las 24 horas siguientes a la captación, utilizándose para ello el analizador modelo LIRA 200. El procesamiento de los datos se realizó en forma idéntica al empleado en la investigación realizada en el Centro Simón Bolívar.

Fotografía 5



Captación de muestra de aire, utilizando bomba de acuario.

Fotografía 6



Muestreo móvil de monóxido de carbono en la calle, utilizando un analizador Ecolyzer.

B) Muestreo móvil continuo.

El muestreo móvil continuo se realizó empleando el Ecolyzer. Por medio de éste, se determinaron, en mediciones directas, las concentraciones de CO en el área seleccionada para la investigación. El operador del instrumento se movilizaba a lo largo de cada avenida o calle a ser investigada por ambas aceras y a velocidad normal de desplazamiento de un peatón. Las lecturas se realizaron cada minuto. La calle o avenida investigada coincidía con la correspondiente sobre la cual se estaban captando muestras en bolsas. Por consiguiente, para cada muestra por el método fijo, con colección de muestras de aire en bolsas, correspondían 30 lecturas realizadas con el Ecolyzer. En el período 22 de julio al 11 de agosto se realizaron 9.240 mediciones de concentraciones de CO haciendo uso del Ecolyzer y se analizaron 308 muestras, de 30 minutos cada una, de aire para determinar concentraciones de CO. En la fotografía 6 se puede observar la medición de CO en una calle.

4.3 OTRAS EVALUACIONES. PARAMETROS DIVERSOS PARA LA CUANTIFICACION DE LA MAGNITUD DE LA CONTRIBUCION DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES EN LA CONTAMINACION AMBIENTAL DE UNA CIUDAD.

4.3.1 Exposición a CO.

En forma similar a la descripción hecha en los párrafos anteriores para la evaluación de la exposición a CO en el casco central de la ciudad, los trabajos se fueron completando en cada una de las principales avenidas y calles de la ciudad para definirla en esta macro-área.

Como actividad complementaria, se definieron grados de exposición a monóxido de carbono en ambientes muy específicos. Entre éstos, considerada su importancia en posibles efectos para la generación de accidentes de tránsito, se evaluaron condiciones de exposición en el interior de vehículos automotores.

La determinación de las concentraciones de este contaminante atmosférico en toda la ciudad, fue complementada con la determinación de diversos parámetros significativos en la evaluación integral de la exposición a CO en el valle de Caracas. La culminación de estos trabajos sistemáticos en lo que respecta a este contaminante se alcanzó a comienzos de enero de 1978. Actualmente, se continúan los trabajos tendientes a las determinaciones específicas sobre la contribución de los vehículos automotores en la formación de nieblas fotoquímicas y en su contribución en otros tipos de contaminación ambiental, como la contaminación por ruidos. De este último, se han ejecutado evaluaciones preliminares a partir de julio de 1977. Estas evaluaciones, dada su importancia, se comentan en párrafos subsiguientes.

4.3.2 Características de la circulación de vehículos automotores en el valle de Caracas.

4.3.2.1 Distribución porcentual.

La distribución porcentual de la circulación de vehículos automotores en el valle de Caracas se determinó por medio de un proceso de conteo directo de los vehículos automotores, calificados como carros de uso particular, autobuses, carros de alquiler ("taxis"), carros pesados (camiones) y motocicletas durante los períodos 7:30 a.m. a 9:30 a.m.; 11:30 a.m. a 1:30 p.m., y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. El conteo directo se realizó en la macro-área comprendida entre las Avenidas Fuerzas Armadas, San Martín, Baralt, Urdaneta y Oeste 14, en la porción situada entre la Esquina Isleños, Plaza España, Plaza Capuchinos y Esquina Llaguno. Una vez hecha esta evaluación, se realizó otra similar en algunas de las principales avenidas de Caracas: Avenida Universidad, Avenida Urdaneta, Avenida Lecuna, Avenida Baralt, Avenida San Martín, Avenida Andrés Bello y Avenida Fuerzas Armadas.

4.3.2.2 Ocupación de los vehículos de uso particular.

El número de pasajeros en los vehículos particulares que circulaban en el casco central, se determinó por medio de procesos directos de conteo y observación. Determinaciones similares fueron realizadas en las principales avenidas y calles de la ciudad.

4.3.2.3 Velocidad promedio de los vehículos particulares y autobuses.

A) Autobuses.

La determinación de la velocidad promedio se realizó por medio de una evaluación directa. Para ello, con contajes independientes de carácter individual, en los extremos de una avenida se anotaban las placas de los autobuses circulantes y las horas en las cuales éstos pasaban frente a los observadores. Luego, por comparación de las planillas individuales se confrontaban los datos de los autobuses de una misma placa. Con el conocimiento de la longitud total existente entre los puestos de observación y el tiempo empleado por cada autobús para recorrerla, el cálculo de la velocidad promedio fue directo. Esta operación se realizó para diferentes avenidas de la ciudad en los períodos comprendidos entre las 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y, 3:30 p.m. a 6:30 p.m. durante 33 días. En estos, la muestra piloto de autobuses alcanzó la cifra de 6.036.

B) Vehículos particulares.

Para obtener la velocidad promedio de los vehículos particulares, las dificultades obvias inherentes a la ejecución de una actividad como la ejecutada para los autobuses se solucionaron por medio de evaluación directa en vehículos pertenecientes a la Dirección de Investigación del Ambiente (DISCA). En los períodos repetidamente mencionados, se recorrieron las principales avenidas de la ciudad, anotándose minuciosamente el número de paradas, tiempo empleado en cada parada, velocidad instantánea máxima alcanzada en el trayecto recorrido, puntos de inicio y terminación del ciclo de operación para la determinación de la longitud del trayecto recorrido, y el tiempo invertido en recorrerlo.

4.3.3 Ciclo de manejo de los vehículos de uso particular.

Con la información disponible a través de la evaluación realizada en forma directa para la determinación de la velocidad promedio de los vehículos particulares se determinaron las curvas tipos de las etapas comprendidas entre el arranque del vehículo a partir de la velocidad cero, aceleración, marcha normal o de cruceo y disminución de la velocidad, desaceleración, hasta alcanzar nuevamente la velocidad cero. Estas curvas características se presentan en la evaluación y discusión de los resultados para los tres intervalos de tiempo seleccionados durante el período de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

A los efectos de la ejecución de la actividad, el procedimiento más accesible y económico fue el de emplear un reloj, el velocímetro del automóvil y los formatos elaborados al efecto para anotación de la información del interés al ciclo de manejo. Es obvio que pueden utilizarse técnicas más sofisticadas para la colección de datos como por ejemplo, emplear registradores de velocidad en función del tiempo. Sin embargo, una vez realizadas pruebas preliminares se decidió emplear el primer método. Se observa que para esta prueba práctica, no es necesario una alta precisión. No ocurre lo mismo cuando el objetivo es determinar la relación entre los ciclos de manejo y la emisión de contaminantes en bancos de pruebas que requieren de instalaciones económicamente costosas.

4.3.4 *Condiciones de mantenimiento de los vehículos.*

Una etapa importante en el diagnóstico del problema de la contaminación atmosférica está constituida por la definición de las características de funcionamiento de los vehículos automotores. Ningún programa de control cumplirá su objetivo si descuida este aspecto.

El estudio de las condiciones de mantenimiento de los vehículos automotores se realizó para los autobuses y vehículos, principalmente de uso particular.

4.3.4.1 *Autobuses.*

Las condiciones de mantenimiento de los autobuses se determinó a los fines del estudio en base a la producción de humos de cada unidad y a las observaciones directas en los talleres de mantenimiento de esas unidades. El procedimiento que se siguió fue el de la evaluación a través de inspecciones y captaciones de muestras de descargas de productos de combustión por el tubo de escape de la unidad evaluada y el análisis posterior de esas muestras.

En la práctica, los inconvenientes de una evaluación exhaustiva son considerables, requiriéndose esfuerzos significativos para lograr una adecuada interpretación de la información que se obtiene, no sólo a través de las mediciones de carácter técnico con instrumentos de medición directa sino también por medio del análisis, en el laboratorio, de las descargas de los productos de combustión.

Metodología.

Se evaluaron dos condiciones:

- 1 Funcionamiento de los autobuses en los talleres o estacionamientos, sin pasajeros.
- 2 Funcionamiento de los autobuses bajo condiciones reales de circulación en calles y avenidas.

Para el diagnóstico de las condiciones de funcionamiento de los autobuses en los talleres o estacionamientos

se determinaron tres tipos de emisiones: CO, hidrocarburos totales y material particulado. Las concentraciones de CO e hidrocarburos se midieron directamente por medio de la utilización de un analizador de gases provisto de una manguera. Esta se conecta desde el interior del tubo de escape del autobús al analizador. Las lecturas fueron tomadas cada minuto para las dos condiciones siguientes: operación en mínimo y aceleración. El material particulado se determinó en forma indirecta por el índice de oscurecimiento. Para esta evaluación, las muestras se recogen en un papel de filtro colocado en la manguera recién mencionada. En el laboratorio se determinó el índice de oscurecimiento según el procedimiento normalmente empleado en la Red Panamericana de muestreo de aire para la determinación del polvo en suspensión en la atmósfera y el índice obtenido se comparó con la escala de Ringheman, utilizada para determinar visualmente y en forma rápida el índice de opacidad del humo.

Se advierte que el empleo de procedimientos más completos y en base a normas de evaluación, utilizadas en otros países industrializados como por ejemplo las pruebas de dinamómetro y el empleo de escalas Hartridge o similares para la determinación del índice de opacidad, no fueron posibles. Esto se debió a indisponibilidad de los recursos necesarios para efectuar trabajos de este tipo. Sin embargo, aunque la escala de Ringheman se emplea fundamentalmente para las descargas de humo a través de chimeneas, existen legislaciones en países de mayor historia de control de la contaminación atmosférica que el nuestro, en los cuales se emplea la escala de Ringheman para realizar el control de las fuentes móviles de contaminación atmosférica en lo que a emisión de material particulado se refiere. Por ello, dentro de la problemática que presenta la evaluación de los diversos parámetros para el diagnóstico de la contaminación atmosférica, este procedimiento se aceptó como orientador en el estudio de las condiciones de mantenimiento de los autobuses.

Para la medición del índice de oscurecimiento se empleó un reflectómetro y conforme a lo descrito en los párrafos anteriores se tabuló éste contra la clasificación de humos incluida en la escala de Ringheman. Evaluaciones complementarias fueron hechas para conformar un juicio global acerca de las condiciones de mantenimiento. Entre éstas, se determinó el consumo de combustible en función del número de kilómetros recorridos por cada autobús como índice de evaluación del funcionamiento de los inyectores.

Para la determinación de las condiciones de funcionamiento de los autobuses, en calles y avenidas de la ciudad, es obvio que no se puede aplicar el método empleado en los talleres o estacionamientos, debido a que ello llevaría a detener el autobús con los consiguientes problemas de congestión del tráfico de vehículos. Por consiguiente, se visualizó el índice de oscurecimiento por medio del empleo de la escala de Ringheman en forma directa, mientras el autobús circulaba. Para cada

uno de los autobuses evaluados al azar se recopiló información complementaria de identificación como marca, modelo, número de control y placa del autobús.

4.3.4.2 Automóviles.

Las condiciones de mantenimiento de los automóviles se determinó en forma directa en estacionamientos ubicados en la ciudad. A los fines del estudio estas condiciones se basan sobre las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos, productos de la combustión. Las concentraciones de estos contaminantes se midieron directamente por medio de la utilización de un analizador de gases provisto de una manguera. Esta se adapta al tubo de escape del vehículo y de acuerdo a las condiciones pre-establecidas del estudio se determinan las concentraciones de los contaminantes en los gases de la combustión. Las condiciones de estudio se definieron para operación en "frío" del vehículo, el motor con 10 a 15 horas sin funcionar, y operación en "caliente". En este caso, las lecturas de las concentraciones se realizaron después de un período razonable, 10 a 15 minutos, de funcionamiento del motor.

4.3.5 Ruido.

Una evaluación, de carácter preliminar, fue iniciada a partir del mes de julio de 1977 en el casco central de la ciudad, ampliándose en forma gradual a todo el valle. Esta evaluación se estableció como una primera etapa en el análisis necesario para identificar las áreas de mayor exposición a este riesgo ambiental en el área urbana.

4.3.5.1 Metodología.

Fundamentalmente, se hicieron mediciones de ruido en un número representativo de esquinas del casco central de Caracas y en 19 avenidas, entre las 7:30 a.m. y 2:30 p.m. Las lecturas se realizaron con un decibelímetro de alta precisión, tipo 2203 de la Bruel and Kjaer con una frecuencia de toma de lecturas a cada minuto. Las normas internacionales establecen que las mediciones para esta fuente individual, el vehículo automotor, deben hacerse a una distancia de 15,2 mts. medidos a partir del eje central del vehículo. Es obvio que este tipo de evaluación es imposible en el casco central u otras áreas de la ciudad por lo que las mediciones de ruido se realizaron, dependiendo de las características específicas del sitio, a una distancia aproximada de dos metros de la ruta del pase de vehículos.

La información recogida especifica la avenida o calle, fecha, hora, nivel de intensidad del ruido (dB-A) y observaciones pertinentes especificando el origen del ruido por vehículos de distintos tipos (automóviles, camiones, autobuses, motocicletas y aviones).

4.3.5.2 Cobertura de las mediciones.

Las mediciones iniciales, realizadas en un número representativo de esquinas situadas en el casco central de la ciudad, se fueron aumentando progresivamente, en número, para cubrir diversas micro-áreas de estudio. La evaluación se extendió a sectores de 19 avenidas donde predominaban actividades de tipo comercial. Posteriormente, se realizaron evaluaciones en seis micro-áreas de carácter residencial y de desarrollo de actividades plenamente identificadas como el de las correspondientes al aeropuerto "General Francisco de Miranda" y las específicas de tránsito en la Avenida Boyacá.

4.3.5.3 Sitios de las mediciones.

A) Casco Central

Punto N°

- 1 Esquina de la Cruz Vega.
- 2 Esquina Quinta Crespo.
- 3 Esquina Lazarino.
- 4 Esquina Pelaez.
- 5 Esquina Capuchino.
- 6 Esquina El Muerto.
- 7 Esquina El Cristo.
- 8 Esquina Jesús.
- 9 Esquina Miracielos.
- 10 Esquina Escalinatas (Fermín Toro).
- 11 Esquina Corazón de Jesús.
- 12 Esquina Muñoz.
- 13 Esquina Salvador de León.
- 14 Esquina Piñango.
- 15 Esquina Plaza España.
- 16 Esquina cruce Avenida Andrés Bello con Avenida Vollmer.
- 17 Esquina San Ramón.
- 18 Esquina San Luis.
- 19 Esquina El Truco.
- 20 Esquina Llaguno.

B) Area Metropolitana, excluyendo el casco central.

La evaluación preliminar del ruido en el valle de Caracas, iniciada en el casco central, se amplió en cobertura para incluir en el estudio un número significativo de avenidas de la ciudad. Las mediciones se realizaron en aquellos sectores de las avenidas donde predominaban las actividades comerciales. Estas se mencionan a continuación:

Avenidas Francisco de Miranda, Rómulo Gallegos, Andrés Bello, Francisco Solano, Abraham Lincoln, Casanova, Libertador, Los Mangos, Guzmán Blanco, La Facultad, Las Ciencias, Francisco Pimentel, El Estadio, Victoria, Roosevelt, Nueva Granada, José Antonio Páez, San Martín y Sucre.

C) *Micro-áreas de carácter residencial y de desarrollo de actividades plenamente identificadas.*

Otras evaluaciones de ruido fueron realizadas en:

- 1 Área vecina próxima a la Base Aérea "General Francisco de Miranda".
- 2 Autopista del Este, zona externa más cercana a la Base Aérea "General Francisco de Miranda".
- 3 Urbanización Caurimare.
- 4 Urbanización Macaracuay.
- 5 Urbanización La California (Norte).
- 6 Avenida Boyacá.

La evaluación de ruido en estas áreas se realizó de 7:00 a.m. a 9:00 a.m. y de 4:00 p.m. a 6:00 p.m. La diferencia de horario que se observa en relación con las evaluaciones realizadas en el casco central y otras avenidas, se debe a la necesidad de evaluar en los intervalos donde se esperan las condiciones más desfavorables. Así, estos intervalos se corresponden a las horas donde ocurren mayor número de operaciones en el Aeropuerto "General Francisco de Miranda", y a las horas de mayor tráfico automotor en la avenida Boyacá.

Las mediciones de ruido en estas seis micro-áreas se realizaron en forma alternada, durante todos los días de la semana; incluyendo el domingo. Esto significó uno o dos días de evaluaciones por área.

4.3.6 *Consumo de combustible.*

En el desarrollo de las actividades contempladas para el estudio de la contribución de las fuentes fijas en la contaminación atmosférica en el valle de Caracas, se determinó la cantidad de emisiones de contaminantes a la atmósfera asociada con el mercado de gasolina. La información necesaria para determinar el consumo de combustible, fundamentalmente gasolina de motor, de los vehículos automotores que circulan en el valle de Caracas se obtiene de esta determinación. El método empleado consistió en la obtención de información en organismos especializados en la materia, selección de las estaciones de servicio situadas en el área de estudio, realización de las encuestas y procesamiento de la información.

En la Oficina de Economía Petrolera del Ministerio de la Energía y Minas, anteriormente Ministerio de Minas e Hidrocarburos, se obtuvo la información referente a la ubicación de las bombas de gasolina o estaciones de servicio. Así mismo, se obtuvo un estimado del consumo de productos refinados en el Distrito Federal y Estado Miranda. Luego de seleccionar las bombas de gasolina

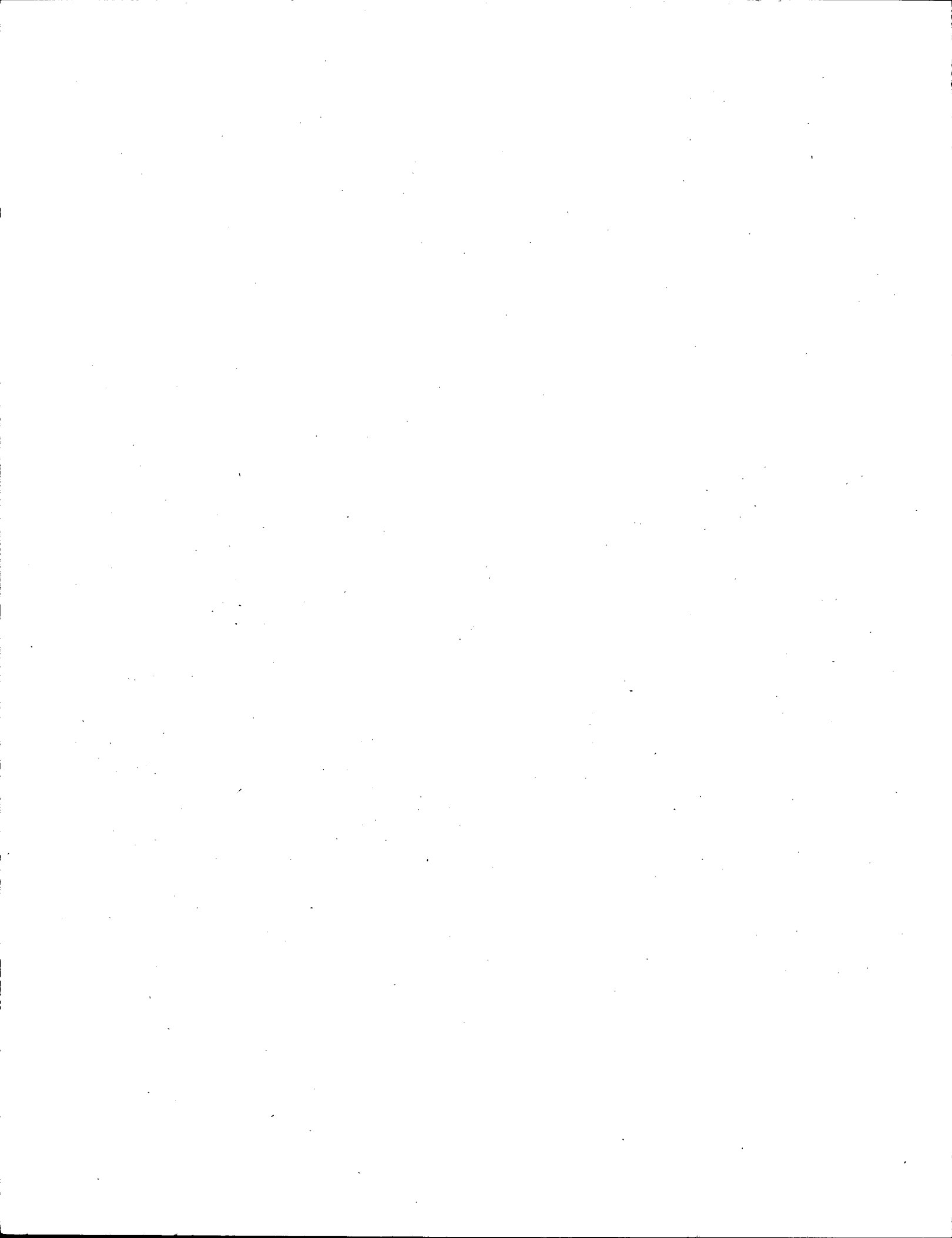
ubicadas dentro del área de estudio se realizaron las encuestas correspondientes. En ellas se solicitó, principalmente información sobre: ventas de gasolina, tipo de gasolina vendida, formas de los tanques subterráneos y capacidad de almacenamiento. De esta información, a los fines de la determinación del consumo de gasolina de motor por los vehículos que circulan en el valle de Caracas se procesó el volumen de las ventas mensuales entre 1976 y 1977. Es de hacer notar que esta información permite estimar el consumo de gasolina sólo sobre la base de que todo el combustible vendido por las bombas de gasolina en el área de estudio es consumida en la misma. Aunque ello no es totalmente cierto, el error que se comete no es lo suficientemente significativo para el propósito de la evaluación global del diagnóstico de la situación sobre la contaminación atmosférica producida por los vehículos automotores en el valle de Caracas.

4.4 *MÉTODOS DE CONTROL DE EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LOS VEHÍCULOS ENSAMBLADOS EN EL PAÍS.*

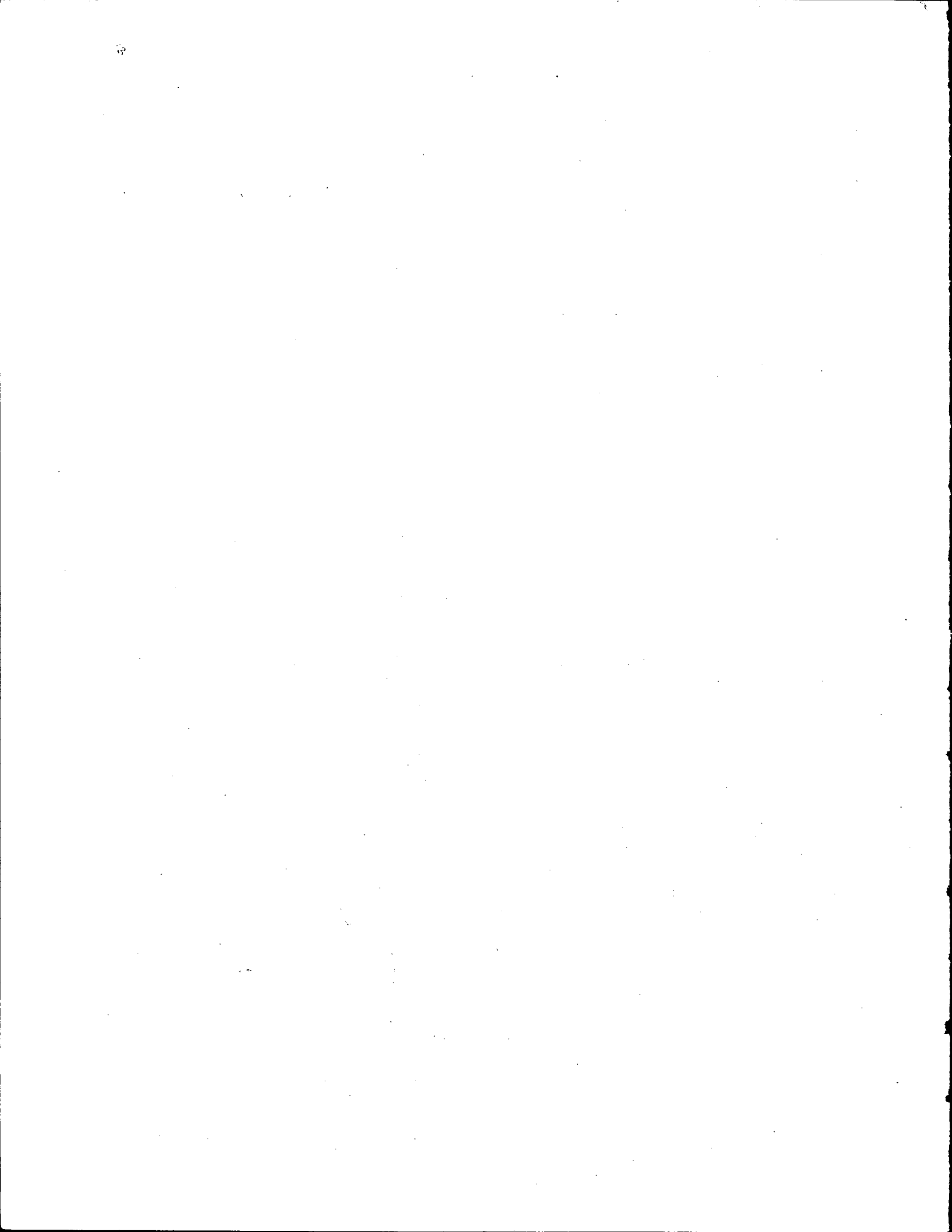
Las plantas ensambladoras instaladas en el país fueron visitadas con el propósito de establecer las condiciones reales del grado de control de las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Para ello, se realizó previamente una revisión de los métodos de control de emisiones utilizados en otros países por los vehículos automotores a través de información bibliográfica y de cursos y asesorías, recibidos de consultores internacionales sobre la materia, provistos por la DISCA. En las visitas a cada una de las ensambladoras, realizadas entre octubre de 1976 y febrero de 1977, se obtuvo la información requerida la cual se presenta en el Capítulo 5.

4.5 *PROYECCIONES DE LAS EVALUACIONES*

Las informaciones obtenidas a través del desarrollo de las actividades previamente descritas permiten satisfacer, en la primera fase del "Estudio sobre la Contaminación Atmosférica en el Valle de Caracas" que ejecuta la DISCA, los requerimientos fundamentales para el diagnóstico del problema. Para ello, una evaluación de la proyección de estos estudios básicos se realizó como una actividad fundamental en la definición de estrategias de control. Para la proyección no sólo se utilizó la información que resulta de la evaluación directa de las condiciones existentes, sino también la proveniente de otras fuentes de información estadística relacionadas con el problema de transporte en la ciudad de Caracas.



CAPITULO 5
RESULTADOS



RESULTADOS

5.1 INTRODUCCION

En este Capítulo se presentan los resultados obtenidos en las diversas actividades desarrolladas para llegar al diagnóstico de la situación actual de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas como consecuencia del tráfico de vehículos automotores.

En el Capítulo precedente se hizo una descripción general de esas actividades. En el siguiente se hace el análisis de la situación no sólo para la condición presente sino también para la condición futura, estimada sobre los diversos parámetros que se han empleado en el diagnóstico.

5.2 ESTUDIO EN EL CENTRO SIMON BOLIVAR Y AREAS ADYACENTES.

Como se indicara en el Capítulo 4 el área de estudio comprendió dos zonas. La Zona I se constituyó por las áreas externas de circulación de vehículos y la parte comercial (pasajes). La Zona II se definió por los sótanos o estacionamientos.

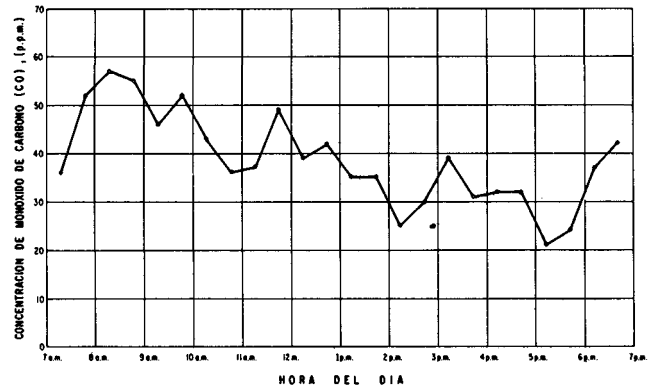
En las figuras 2 a la 25, ambas incluidas, se presentan las variaciones de las concentraciones promedios de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en cada uno de los puntos seleccionados para hacer las captaciones de las muestras de aire, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

5.2.1 Zona I: Area de circulación de vehículos automotores.

De la Figura 2 a la Figura 9, ambas incluidas, se presentan las variaciones diurnas promedios de monóxido de carbono (CO) en las áreas de tránsito de peatones más próxima a las vías de circulación de vehículos automotores, que representan áreas adyacentes al Centro Simón Bolívar. Dentro de este grupo se ha incluido la variación de la concentración promedio de CO en la Plaza Diego Ibarra, en su área cubierta, como representante de una exposición a CO de un grupo numeroso de peatones. Esta variación de la concentración promedio de CO se incluye en la Figura 7.

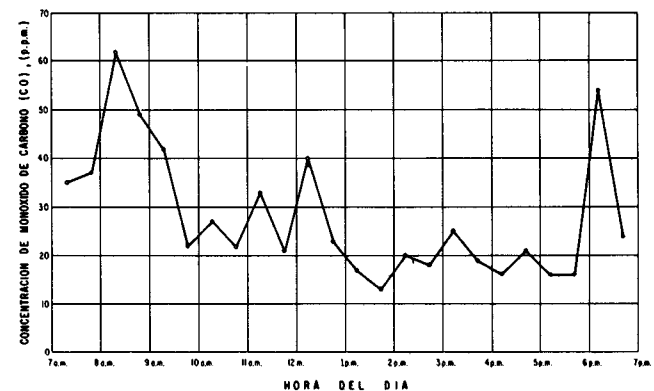
En las citadas figuras se observa que la concentración promedio de CO en el período de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. varía en forma irregular cuando se establecen comparaciones entre dos puntos, relativamente cercanos. Así en la Figura 2, la concentración promedio de CO en la Esquina Gorda varía en forma apreciable durante ese período, manteniéndose siempre sobre el valor de 20 p.p.m. Características muy similares se observan en las Figura 8 y Figura 9, representativas de la Esquina San Pablo y Municipal respectivamente. Se destaca, en general, el hecho de la presencia de valores de concentraciones promedios de CO más altas durante ciertos intervalos de

Figura 2



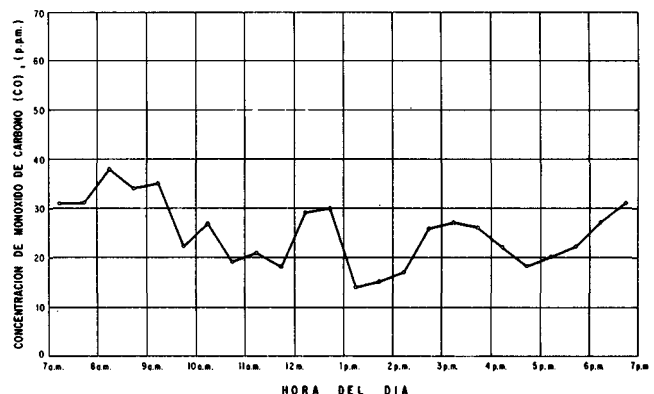
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la Esquina Gorda, ángulo Sur-Este, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 3



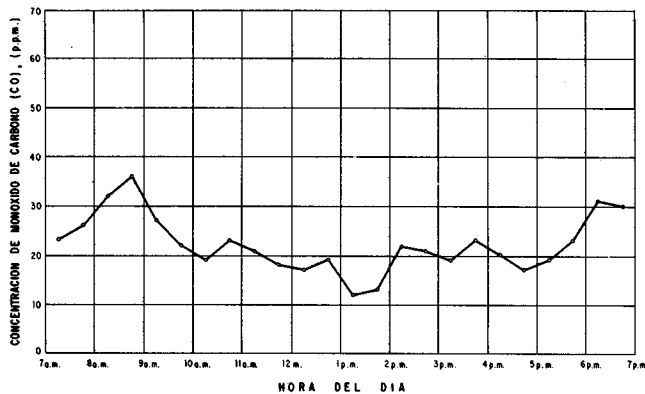
Variación de la concentración de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la Esquina Pajaritos, frente a la entrada de la escalera Portal Orinoco, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 4



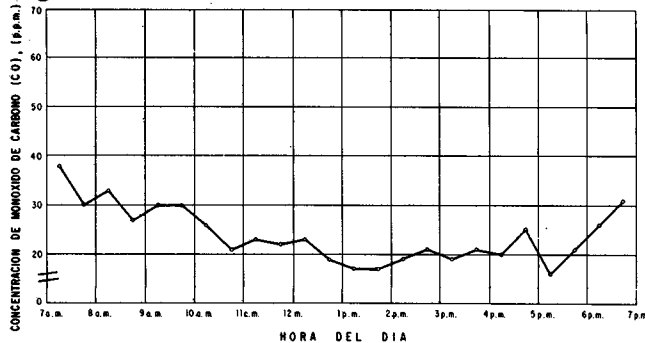
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. sobre la Avenida Bolívar, entre Pajaritos y Palma, en la isla frente a la edificación ocupada por el Concejo Supremo Electoral, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 5



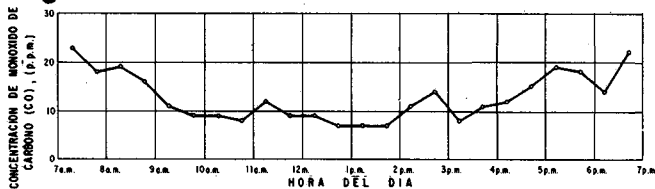
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. sobre la Avenida Bolívar entre las Esquinas Municipal y Mercaderes, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 6



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. sobre la Avenida Bolívar entre la Esquina Gorda y la Esquina San Pablo en el centro de los Edificios Sur y Norte del Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 7

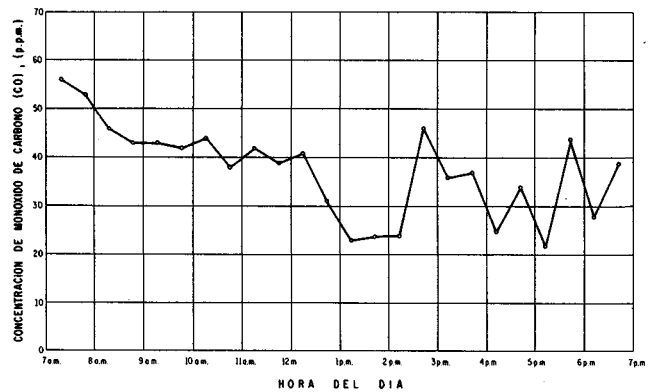


Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la Plaza Diego Ibarra, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975. Muestras tomadas en el punto medio (área cubierta) entre las Esquinas Palma y Pajaritos.

tiempo, precisamente aquellos comprendidos entre las 7:30 a.m. y 10:00 a.m.; entre las 11:15 a.m. y 2 p.m. y 5:00 p.m. a 7:00 p.m.

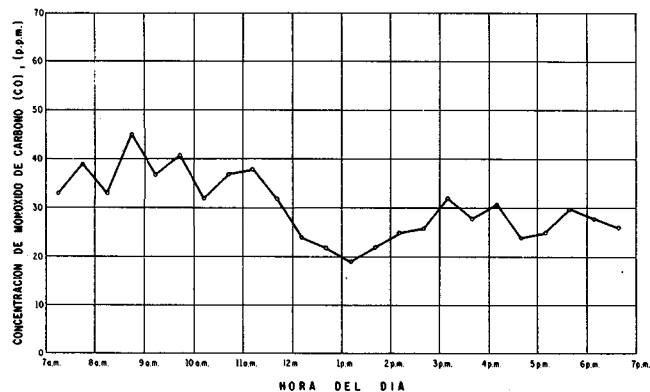
En los cuadros 1 a 3 se presentan los resultados del procesamiento de los datos de las concentraciones individuales de CO para períodos de 5 minutos, 30 minutos, una hora y ocho horas de exposición comprendidas dentro del intervalo de 12 horas (7:00 a.m. - 7:00 p.m.). En el Cuadro 1 se observa que la media aritmética de las con-

Figura 8



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la Esquina San Pablo, ángulo norte, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 9



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la Esquina Municipal, acera norte, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

centraciones de CO, para intervalos de ocho horas de exposición, está entre 13 p.p.m. en el punto N° 6 (Plaza Ibarra) y 37 p.p.m. en el punto N° 1 (Esquina Gorda). Así mismo, predominan los promedios entre 21 p.p.m. y 29 p.p.m. Por otra parte, se observan en dicho cuadro los porcentajes de tiempo cuando es excedida una determinada concentración de CO. Así, por ejemplo, para cualquier período de 8 horas que se tome entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., la concentración de 32 p.p.m. de CO es excedida un 90% del tiempo en la Esquina Gorda, un 40% del tiempo en la Esquina Pajaritos y un 80% del tiempo en la Esquina San Pablo. Para el mismo período de tiempo, en la Esquina Gorda una concentración de 42 p.p.m. es excedida un 50% del tiempo. El menor indicio de exposición a CO en el área de estudio se observa en la Plaza Diego Ibarra. En ella, la media aritmética de la concentración de CO es de 13 p.p.m. para un período de ocho horas. Esta concentración para ese punto es excedida el 60% del tiempo. En todos los otros puntos, esta media aritmética de 13 p.p.m. es excedida en todo momento para el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Cuadro 1

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Media Aritmética	Desviación Standard Aritmética	Media Geométrica	Desviación Standard Geométrica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA																	
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99						
Punto Nº. 1. Esquina Gorda.																										
5 MINUTOS	6	140	38	20	34	1.63	39	25	140	90	63	55	49	42	36	32	26	20	14	8						
30 MINUTOS	11	88	38	17	35	1.52	40	19	88	88	59	52	49	42	38	34	28	24	15	11						
1 HORA	11	70	38	14	36	1.42	40	17	70	70	60	51	46	42	39	35	32	27	20	13						
8 HORAS	16	54	37	10	36	1.32	38	15	54	54	54	44	44	42	42	35	35	35	32	16						
Punto Nº. 2. Esquina Pajaritos.																										
5 MINUTOS	5	124	27	19	22	1.88	31	20	124	94	52	38	30	24	20	18	16	14	11	8						
30 MINUTOS	9	91	27	16	23	1.74	31	19	91	91	48	40	31	26	21	19	17	16	13	10						
1 HORA	11	69	26	13	23	1.62	29	11	69	69	50	34	31	28	25	21	19	17	14	11						
8 HORAS	18	39	26	7	25	1.29	28	10	39	39	39	31	31	31	27	26	20	20	19	18						
Punto Nº. 3. Avenida Bolívar. Edificio Concejo Supremo Electoral.																										
5 MINUTOS	6	100	24	12	21	1.61	26	15	100	65	40	32	27	24	22	19	16	14	12	8						
30 MINUTOS	11	61	24	10	22	1.47	28	10	61	61	37	33	28	24	22	20	18	16	14	11						
1 HORA	12	54	23	8	22	1.39	28	10	54	54	33	31	26	25	24	20	19	18	16	13						
8 HORAS	20	29	23	3	23	1.13	26	3	29	29	29	27	27	24	23	23	23	23	21	20						
Punto Nº. 4. Avenida Bolívar. Punto medio entre las Esquinas Municipal y Mercaderes.																										
5 MINUTOS	3	82	22	13	19	1.70	28	13	82	67	41	30	24	20	18	16	14	12	10	6						
30 MINUTOS	7	64	22	11	20	1.58	25	14	64	64	37	30	25	21	19	17	16	14	12	8						
1 HORA	10	42	21	8	20	1.44	24	12	42	42	35	29	25	22	21	18	16	16	13	10						
8 HORAS	16	27	21	4	21	1.21	24	6	27	27	27	26	26	25	23	20	20	20	16	16						
Punto Nº. 5. Avenida Bolívar. Punto medio entre las Esquinas Gorda y San Pablo.																										
5 MINUTOS	7	76	23	10	21	1.54	26	14	76	56	38	32	27	24	22	19	17	15	13	8						
30 MINUTOS	11	48	23	8	22	1.41	27	9	48	48	36	30	27	25	22	20	19	17	15	11						
1 HORA	11	47	23	7	22	1.36	28	9	47	47	35	31	25	24	23	22	21	17	15	14						
8 HORAS	20	27	24	3	24	1.11	25	5	27	27	27	26	26	26	26	24	23	23	20	20						
Punto Nº. 6. Plaza Diego Ibarra. Area cubierta. Punto medio entre las Esquinas Palma y Pajaritos.																										
5 MINUTOS	1	56	12	8	10	1.79	15	8	56	42	22	17	14	12	10	10	8	7	6	4						
30 MINUTOS	3	43	12	7	10	1.74	16	8	43	43	22	18	14	12	11	10	9	8	6	4						
1 HORA	5	29	12	6	11	1.60	16	8	29	29	23	17	14	13	11	10	9	8	7	5						
8 HORAS	10	21	13	3	13	1.29	16	6	21	21	21	15	15	13	13	13	11	11	10	10						
Punto Nº. 7. Esquina San Pablo.																										
5 MINUTOS	4	120	37	19	33	1.62	38	25	120	85	64	52	46	40	36	31	26	20	14	6						
30 MINUTOS	5	77	37	15	34	1.49	37	21	77	77	55	51	45	41	39	36	30	24	17	9						
1 HORA	12	74	37	13	35	1.40	39	15	74	74	57	46	44	40	39	34	33	25	18	12						
8 HORAS	17	50	35	10	34	1.32	35	12	50	50	50	47	47	39	38	35	32	32	28	17						
Punto Nº. 8. Esquina Municipal.																										
5 MINUTOS	6	124	29	15	26	1.61	32	19	124	70	48	40	34	30	27	24	20	18	14	8						
30 MINUTOS	10	71	30	11	28	1.42	30	15	71	71	45	39	34	31	29	26	25	21	18	11						
1 HORA	14	60	30	9	29	1.36	34	11	60	60	43	37	36	30	28	27	24	22	20	14						
8 HORAS	25	36	29	4	29	1.14	33	6	36	36	36	36	34	31	27	27	27	27	27	25						

Concentraciones promedios de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en las áreas externas del Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

5.2.2 Zona I: Area comercial.

En este caso podemos diferenciar dos áreas de estudio. La primera comercial propiamente dicha y la segunda al área de estacionamientos y túneles. Las figuras 10 a la 13, ambas incluidas, muestran la variación de la concentración promedio de CO en el área comercial del Centro Simón Bolívar, constituida por los pasajes internos Río Caroní, Río Apure y Río Torbes, así como también el área frente a la Esquina Municipal, acera norte.

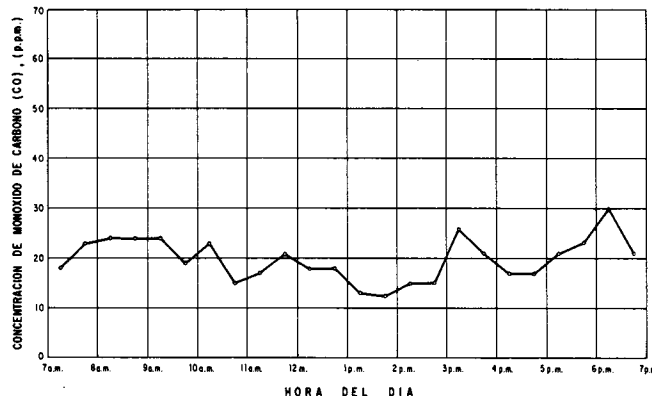
En la Figura 11 se observa que la concentración promedio de CO en el Pasaje Río Caroní se mantiene la mayor parte del tiempo en el rango de 10 a 20 p.p.m. En el Cuadro 2 se observa que la media aritmética en dicho pasaje es de 15 p.p.m. para ocho horas de exposición. Esta última concentración es excedida el 60% del tiempo comprendido en el intervalo 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Así mismo en la Figura 12 se observa un fenómeno bastante diferente al observado en la Figura 11. En efecto, las concentraciones de CO en el aire del pasaje Río Apure se mantienen, la mayor parte del tiempo, en el rango de 30 a 40 p.p.m. Sin embargo, su proximidad al estacionamiento de vehículos automotores hace que entre las 11 a.m. y 1:00 p.m. la concentración promedio de CO aumente en forma apreciable, alcanzando hasta 109 p.p.m. Una situación más o menos similar se observa entre las 5:00 p.m. y 6:30 p.m.; aun cuando el valor superior de la concentración promedio durante el período de estudio es de 92 p.p.m., inferior al antes citado valor de 109 p.p.m.

En la Figura 13, correspondiente a la variación de la concentración promedio de CO en el pasaje Río Torbes, se observa un caso muy similar al del pasaje Río Caroní. La concentración promedio de CO se mantiene la mayor parte del tiempo en el rango de 10 a 20 p.p.m. En el Cuadro 2 se observa que, en el pasaje Río Torbes, la media aritmética es de 13 p.p.m. para un período de ocho horas de exposición y que el valor 12 p.p.m., muy cercano al anterior, es excedido el 80% del tiempo. Al compararla con la media aritmética de 51 p.p.m. correspondiente a la concentración de CO en el pasaje Río Apure, la diferencia es bastante significativa para puntos no distantes más de 100 metros entre sí.

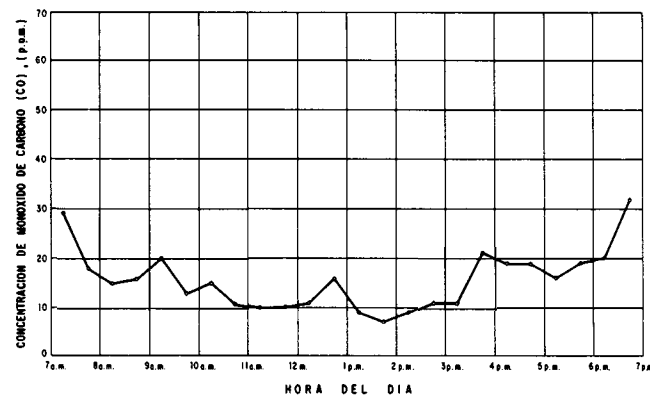
En la Esquina Palma, acera norte, la media aritmética es 19 p.p.m. de CO. Esta concentración es excedida el 60% del tiempo en cualquier período de 8 horas comprendido entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m. Este valor es algo superior a los valores encontrados en los pasajes Río Caroní y Río Torbes, lo que se explica por su mayor proximidad al área de circulación de vehículos (Avenida Oeste 8). En el Cuadro 2 se observa que la media aritmética de las concentraciones de CO es de 19 p.p.m. para ocho horas de exposición. Esta concentración se excede el 60% del tiempo comprendido en el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Figura 10



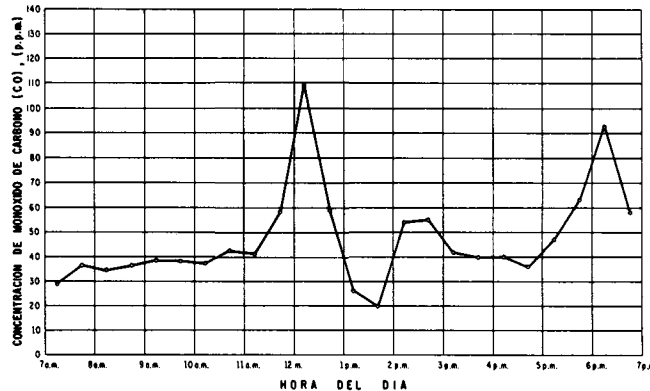
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la Esquina la Palma, acera norte, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 11



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la mitad del pasaje Sur (Pasaje Río Caroní) durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 12



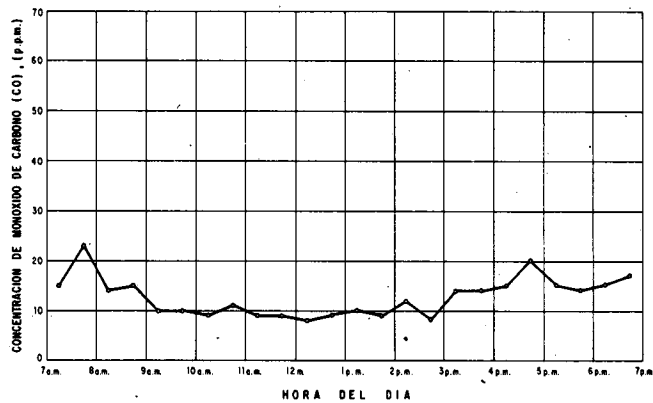
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la mitad del pasaje entre Municipal y Mercaderes (Pasaje Río Apure), entrada al estacionamiento durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Cuadro 2

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Maximo	Medio Aritmé- tica	Desviación Standard Aritmé- tica	Medio Geomé- trica	Desviación Standard Geomé- trica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA											
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99
Punto Nº. 9. Esquina Palma.																				
5 MINUTOS	3	58	19	9	17	1.56	22	10	58	44	31	26	23	20	18	16	14	12	10	6
30 MINUTOS	6	37	19	7	18	1.44	21	10	37	37	28	25	23	22	20	17	15	14	12	7
1 HORA	8	34	19	6	18	1.34	21	9	34	34	28	25	23	22	20	17	17	14	13	10
8 HORAS	17	25	19	3	19	1.15	22	5	25	25	25	25	21	20	19	19	18	18	18	17
Punto Nº. 10. Pasaje Río Caroní. Centro Simón Bolívar.																				
5 MINUTOS	3	64	15	10	12	1.85	19	11	64	52	28	20	16	14	12	10	10	8	6	4
30 MINUTOS	5	53	15	9	13	1.77	19	11	53	53	29	20	17	15	12	11	10	9	7	5
1 HORA	6	37	15	7	13	1.60	19	10	37	37	27	23	18	16	14	12	11	9	8	6
8 HORAS	13	18	15	2	15	1.11	19	2	18	18	18	18	16	16	15	15	14	14	14	13
Punto Nº. 11. Pasaje Río Apure. Centro Simón Bolívar.																				
5 MINUTOS	7	248	46	37	36	2.02	52	38	248	208	92	66	50	43	36	30	26	20	16	10
30 MINUTOS	8	156	46	32	38	1.86	52	36	156	156	87	70	55	45	40	33	28	22	17	11
1 HORA	14	127	47	25	41	1.66	56	34	127	127	93	65	56	45	40	36	32	29	23	15
8 HORAS	41	73	51	11	50	1.24	60	13	73	73	73	65	65	57	48	44	43	43	42	41
Punto Nº. 12. Pasaje Río Torbes. Centro Simón Bolívar.																				
5 MINUTOS	6	35	12	5	11	1.66	15	8	44	30	22	18	14	12	10	10	8	8	6	4
30 MINUTOS	6	30	12	5	11	1.59	15	7	30	30	21	18	16	12	11	10	9	8	7	5
1 HORA	6	26	12	5	11	1.45	14	6	26	26	18	18	15	14	12	11	9	9	7	6
8 HORAS	9	22	13	4	12	1.33	16	6	22	22	22	15	15	14	12	12	12	12	10	9

Concentraciones promedios de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la zona comercial del Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 13



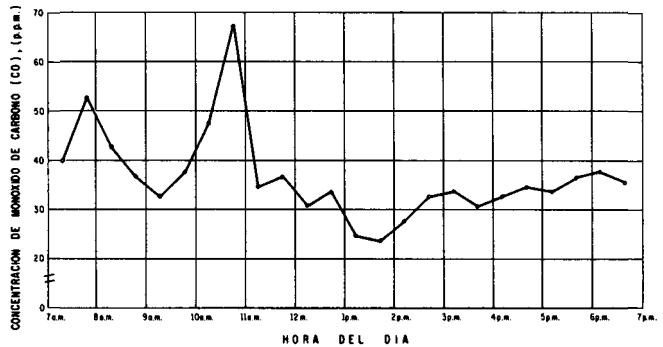
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la mitad del pasaje Norte (Pasaje Río Torbes), durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

5.2.3 Zona II: Areas de estacionamiento para vehículos automotores y túnel de la Avenida Bolívar.

En las figuras 14, 24 y 25 se presentan las curvas de variación de las concentraciones promedios de CO en el túnel de la Avenida Bolívar que la une con la Plaza O'Leary. Fundamentalmente, esta no es una zona de exposición para peatones, pero de interés por cuanto hay exposición de los ocupantes de los vehículos automotores que por allí circulen, principalmente en los intervalos de paralización del tránsito de dichos vehículos. En la Figura 14 se observa que a la salida del túnel de la Avenida Bolívar hacia la Plaza O'Leary la concentración promedio de CO se mantiene en el rango de 30 a 40 p.p.m. la mayor parte del tiempo comprendido en el intervalo 7:00 a.m. a 7:00 p.m. Durante el período de estudio, como se observa en la Figura 14, las concentraciones de CO son superiores a 40 p.p.m. de 7:15 a.m. a 8:15 a.m. y de 10:15 a.m. a 11:00 a.m. En el Cuadro 3 se observa que la media aritmética es de las concentraciones de CO es 36 p.p.m. Esta concentración es excedida en la mayor parte del tiempo comprendido en el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. En la porción media del túnel de la Avenida Bolívar, la variación de la concentración promedio es bastante irregular como se puede deducir de las figuras 24 y 25. En general, las concentraciones más altas se ob-

tienen en la vía de dos canales de circulación que va hacia la Plaza O'Leary. En esta vía (punto N° 23), la media aritmética de las concentraciones de CO es 51 p.p.m. para ocho horas de exposición en el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. En la vía que va de la Plaza O'Leary hacia el este, túnel de la Avenida Bolívar (punto N° 24), la media aritmética de las concentraciones de monóxido de carbono es 32 p.p.m.

Figura 14



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. a la salida del túnel de la Avenida Bolívar hacia la Plaza O'Leary, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975. Muestras tomadas, desde el puente, a una altura de 2,5 metros sobre el nivel del piso.

Cuadro 3

Sitio o Zona de Muestras Tiempo Promedio	Mínimo	Maximo	Media Aritmé- tica	Desviación Standard Aritmé- tica	Media Geomé- trica	Desviación Standard Geomé- trica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA															
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99				
Punto N° 13. Salida oeste del túnel de la Avenida Bolívar.																								
5 MINUTOS	10	208	36	18	32	1.59	37	16	208	88	52	45	40	38	34	31	28	25	21	15				
30 MINUTOS	16	118	36	14	34	1.45	36	14	118	118	50	46	43	38	34	32	30	27	23	18				
1 HORA	22	84	36	11	34	1.34	39	9	84	84	47	42	39	37	35	33	31	30	26	25				
8 HORAS	30	45	36	5	36	1.15	38	7	45	45	45	45	40	40	37	34	34	33	33	30				
Punto N° 14. Entrada al estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar.																								
5 MINUTOS	5	144	29	20	24	1.86	35	22	144	98	56	42	34	28	24	20	18	14	10	6				
30 MINUTOS	7	101	29	16	25	1.69	29	18	101	101	49	40	35	31	26	23	19	17	11	7				
1 HORA	11	77	29	13	26	1.53	33	13	77	77	43	37	32	29	27	25	24	22	16	11				
8 HORAS	23	36	29	5	29	1.17	34	6	36	36	36	36	33	33	31	26	26	26	26	23				
Punto N° 15. Angulo Norte-este del estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar.																								
5 MINUTOS	8	344	70	42	60	1.75	72	42	344	260	120	92	80	70	62	56	48	42	30	14				
30 MINUTOS	10	207	70	33	63	1.56	74	36	207	207	111	89	77	71	67	60	52	45	40	22				
1 HORA	10	147	69	26	65	1.44	72	29	147	147	102	86	79	74	69	63	56	52	44	10				
8 HORAS	59	79	70	8	70	1.12	69	10	79	79	79	79	77	77	74	72	72	60	60	59				
Punto N° 16. Salida hacia la Avenida Bolívar, frente al estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar.																								
5 MINUTOS	18	258	102	38	96	1.43	108	46	258	213	152	128	114	102	98	90	82	76	64	25				
30 MINUTOS	23	198	102	34	97	1.38	109	42	198	198	151	132	116	110	99	93	81	76	68	30				
1 HORA	56	159	102	23	99	1.25	102	32	159	159	134	122	116	108	103	93	90	86	77	56				
8 HORAS	95	116	102	8	102	1.08	107	9	116	116	116	116	109	109	103	98	98	95	95	95				

Continúa.

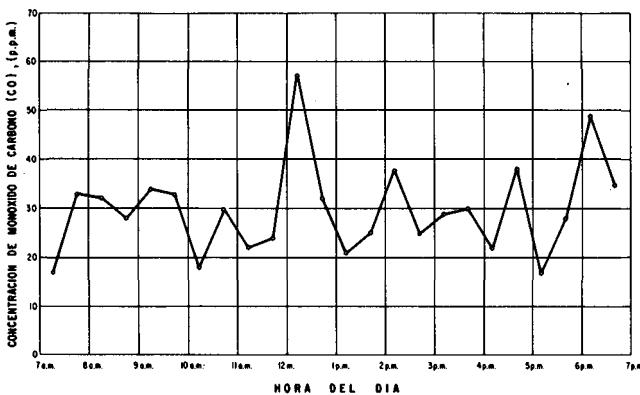
Cuadro 3

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Medio Aritmético	Desviación Standard Aritmética	Medio Geométrico	Desviación Standard Geométrica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA														
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99			
Punto Nº. 17. Angulo Sur-este del estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar.																							
5 MINUTOS	10	264	54	33	46	1.76	61	39	264	171	100	72	60	52	46	41	36	30	22	14			
30 MINUTOS	13	129	54	26	48	1.59	63	38	129	129	102	73	62	55	49	45	41	33	23	19			
1 HORA	17	116	54	22	50	1.47	60	30	116	116	93	67	59	56	51	48	41	39	31	17			
8 HORAS	45	64	54	7	54	1.13	57	8	64	64	64	64	58	58	57	57	57	47	47	45			
Punto Nº. 18. Angulo Sur-oeste del estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar.																							
5 MINUTOS	6	294	61	54	49	1.99	71	55	294	270	126	91	74	58	45	37	28	22	18	9			
30 MINUTOS	8	226	62	45	49	1.94	80	60	230	230	144	89	72	60	47	43	31	27	21	13			
1 HORA	15	171	62	36	54	1.71	74	46	171	171	124	89	70	62	53	44	39	36	29	15			
8 HORAS	41	125	62	18	60	1.32	72	23	95	95	95	95	69	69	63	58	58	46	46	41			
Punto Nº. 19. Area Sur-oeste del estacionamiento del MSAS, Centro Simón Bolívar.																							
5 MINUTOS	10	468	49	42	37	2.09	55	39	468	200	94	68	54	47	40	31	26	22	17	12			
30 MINUTOS	12	211	49	33	40	1.86	57	36	211	211	97	71	56	50	40	34	28	24	18	14			
1 HORA	14	132	49	27	43	1.66	53	31	132	132	89	71	51	52	40	36	32	29	22	14			
8 HORAS	32	69	49	15	47	1.35	53	15	69	69	69	69	66	66	57	39	39	34	34	32			
Punto Nº. 20. Area Norte-oeste del estacionamiento del MSAS, Centro Simón Bolívar.																							
5 MINUTOS	6	156	47	27	41	1.69	50	34	156	128	84	70	58	50	42	36	30	24	18	8			
30 MINUTOS	6	117	47	24	42	1.62	50	33	117	117	85	68	60	50	45	39	33	27	18	10			
1 HORA	12	117	48	20	44	1.50	46	33	117	117	69	64	59	52	49	43	39	30	25	12			
8 HORAS	36	55	47	8	46	1.18	49	10	55	55	55	55	53	51	51	51	51	37	37	36			
Punto Nº. 21. Area centro-norte del estacionamiento del MSAS, Centro Simón Bolívar.																							
5 MINUTOS	5	216	50	34	41	1.84	55	39	216	168	94	78	60	49	42	34	26	22	18	8			
30 MINUTOS	7	134	50	31	43	1.76	60	42	134	134	101	75	62	51	41	33	27	24	19	12			
1 HORA	16	96	49	25	44	1.62	55	34	96	96	89	80	70	50	41	36	30	27	23	16			
8 HORAS	32	60	50	11	49	1.24	49	10	60	60	60	60	59	59	56	56	56	38	38	32			
Punto Nº. 22. Area Sur-este del estacionamiento del MSAS, Centro Simón Bolívar.																							
5 MINUTOS	6	232	58	41	47	1.89	61	45	232	204	104	85	72	62	48	38	32	23	17	10			
30 MINUTOS	9	203	58	38	48	1.82	58	41	203	203	97	82	76	67	52	42	33	28	18	9			
1 HORA	13	192	59	36	50	1.75	60	37	192	192	97	79	72	65	58	48	35	29	24	39			
8 HORAS	37	77	58	13	57	1.25	58	17	77	77	77	77	70	70	61	61	61	45	45	39			
Punto Nº. 23. Mitad del túnel de la Avenida Bolívar, lateral a la circulación este-oeste.																							
5 MINUTOS	14	186	50	21	46	1.51	52	27	186	114	78	68	60	54	48	44	38	32	25	16			
30 MINUTOS	17	108	50	18	47	1.43	53	26	108	108	77	68	59	54	51	47	40	35	28	19			
1 HORA	20	89	50	15	48	1.35	54	22	89	89	77	62	55	54	50	46	42	39	34	20			
8 HORAS	40	61	51	7	51	1.14	53	12	61	61	61	61	55	55	54	51	51	45	45	40			
Punto Nº. 24. Mitad del túnel de la Avenida Bolívar, lateral a la circulación oeste-este.																							
5 MINUTOS	8	88	32	15	29	1.57	36	21	88	78	54	45	38	34	28	26	23	20	17	12			
30 MINUTOS	10	71	32	14	29	1.53	36	21	71	71	55	44	38	33	31	27	24	20	17	13			
1 HORA	14	70	32	11	30	1.41	34	14	70	70	48	42	37	34	32	28	27	25	21	14			
8 HORAS	29	36	32	3	32	1.09	35	4	36	36	36	36	35	35	35	31	31	31	31	29			

Concentraciones promedios de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en las áreas destinadas a estacionamientos de automóviles en el Centro Simón Bolívar y Túnel de la Avenida Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

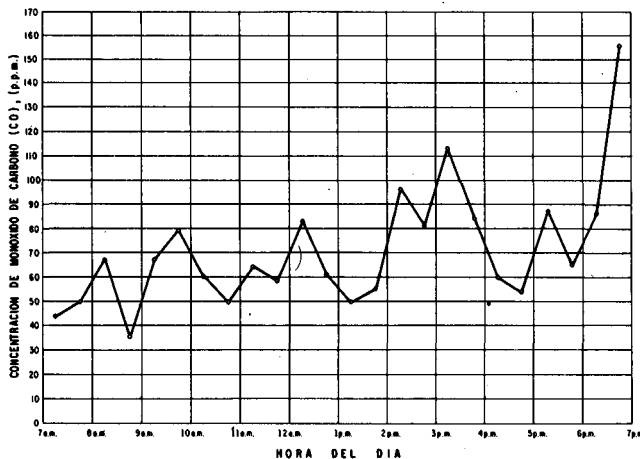
En las áreas dedicadas exclusivamente para estacionamiento de vehículos automotores en el Centro Simón Bolívar se pueden distinguir, a los efectos del estudio realizado, dos áreas: la primera correspondiente a la del estacionamiento Río Tuy y la segunda correspondiente al estacionamiento para vehículos de empleados del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, situados a niveles diferentes entre sí. En las figuras 15, 16, 17, 18 y 19 se muestran las curvas representativas de las variaciones de las concentraciones promedios de CO en el intervalo 7:00 a.m. a 7:00 p.m. para diversos puntos del estacionamiento Río Tuy con preferencias de ubicación en las entradas y salidas. En el Cuadro 3, para el mismo estacionamiento, se presentan los resultados del procesamiento de datos de las concentraciones de CO para diferentes períodos de tiempo

Figura 15



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la entrada al estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar, a la altura de la entrega de boletos, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 16

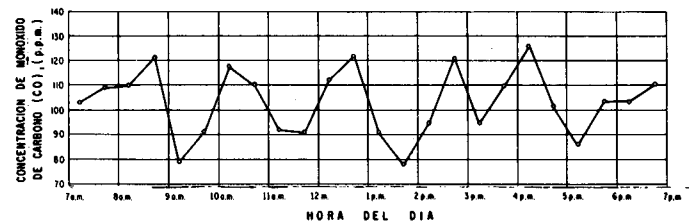


Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el ángulo Nor-este del Estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar (hacia la Esquina Sociedad), durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

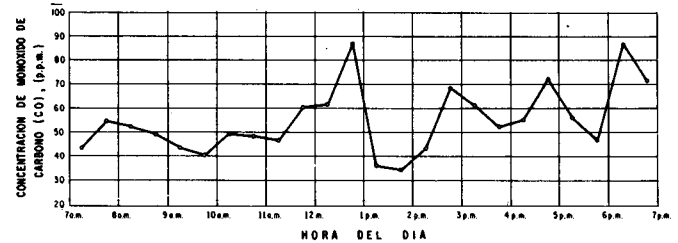
po comprendidos en el intervalo repetidamente citado de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. Se observa que las medias aritméticas de las concentraciones de CO son 29, 70, 102, 54 y 62 para los diversos puntos seleccionados.

En las figuras 20, 21, 22 y 23 se muestran las curvas representativas de las variaciones de las concentraciones promedios de CO en el estacionamiento para vehículos de empleados del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. En el Cuadro 3 se incluyen los resultados del procesamiento de datos de las concentraciones de CO para diferentes períodos de tiempo comprendidos en el intervalo 7:00 a.m. a 7:00 p.m. Las medias aritméticas de las concentraciones de CO en los puntos seleccionados para el estudio son 49, 47, 50 y 58 para períodos de ocho horas comprendidos en el intervalo 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

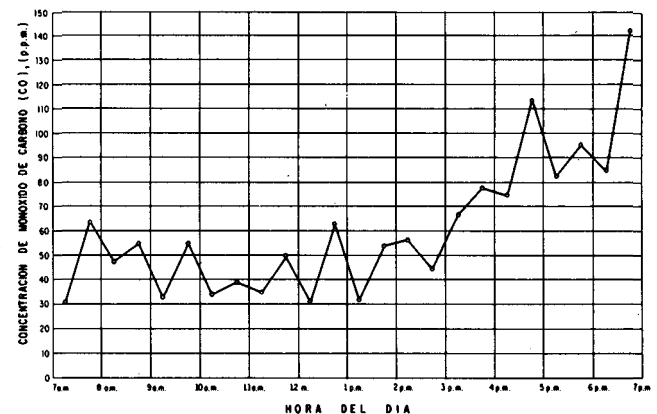
Figuras 17, 18 Y 19



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en la intersección de la avenida sentido sur-norte, que une Esquina Cypreses con Esquina Sociedad, a la salida hacia la Avenida Bolívar, frente al estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

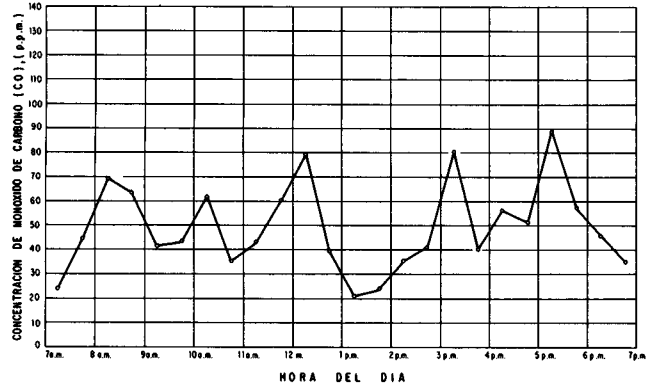


Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el ángulo Sur-este del estacionamiento Río Tuy del Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.



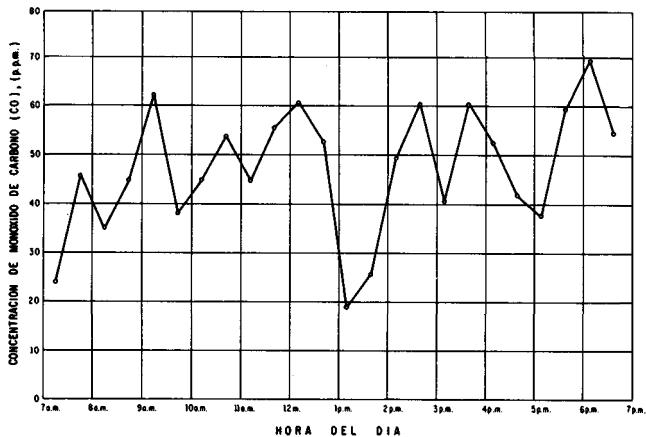
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. a la salida del estacionamiento Río Tuy, ángulo Sur-oeste, del Centro Simón Bolívar hacia Esquina Miracielo, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 20



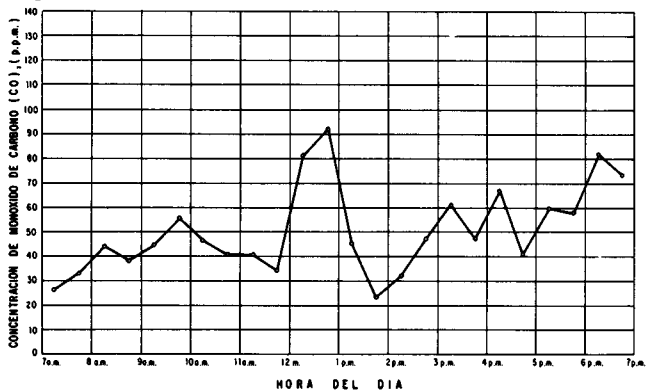
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el área Sureste del estacionamiento para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en el Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 21



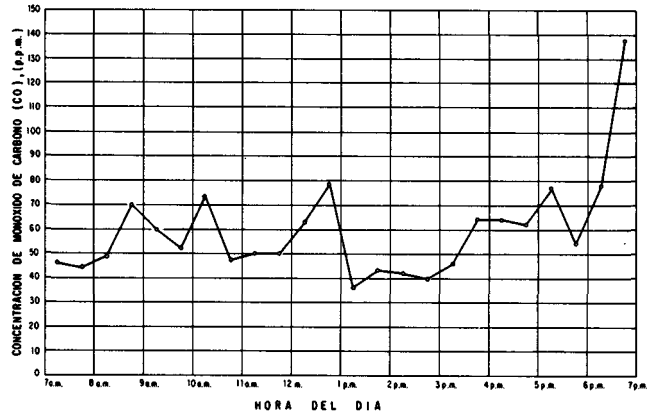
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el área noroeste del estacionamiento para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en el Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 22



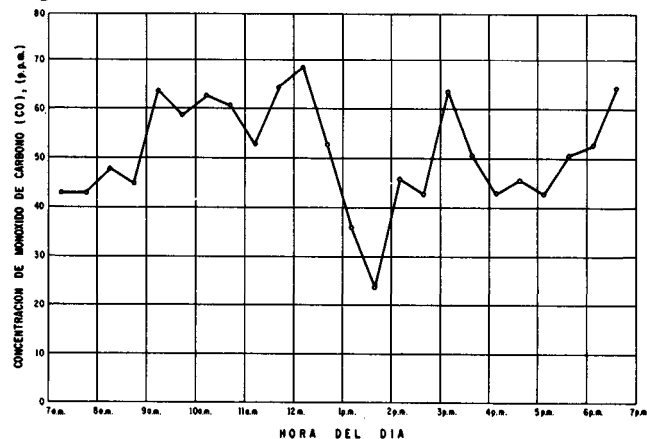
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el área centro-norte del estacionamiento para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en el Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 23



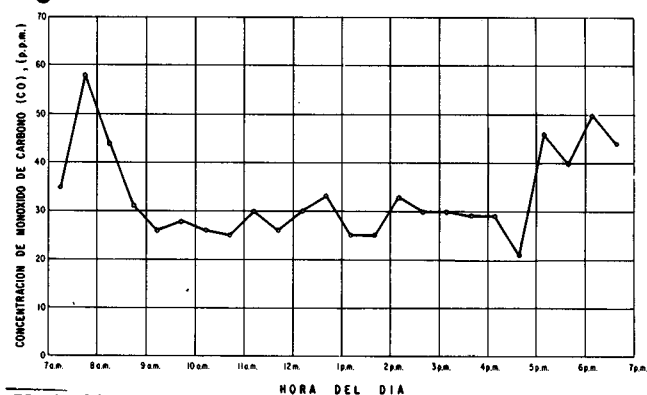
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el área Sureste del estacionamientos para vehículos del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en el Centro Simón Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 24



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el Túnel de la Avenida Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975. Muestras tomadas en la mitad del túnel, lateral a los canales de circulación hacia la Plaza O'Leary.

Figura 25



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) de 7:00 a.m. a 7:00 p.m. en el Túnel de la Avenida Bolívar, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975. Muestras tomadas en la mitad del túnel, lateral a los canales de circulación en sentido oeste-este.

5.3 *Circulación de vehículos automotores en áreas adyacentes al Centro Simón Bolívar.*

En la Figura 26 se muestra, para la Esquina Gorda, la variación de la concentración promedio de monóxido de carbono en función de la circulación promedio de vehículos automotores para diferentes horas del día. Como se indicara en el Capítulo 4, la circulación promedio de vehículos automotores se determinó a partir de dos fuentes. La primera corresponde a la información suministrada por el Departamento de Tránsito de la Oficina Ministerial de Transporte, del, antes del 1° de abril de 1977, Ministerio de Obras Públicas. La segunda fuente está constituida por el conteo directo de vehículos automotores, clasificándolos por tipo, realizado por funcionarios de la DISCA en el área de estudio.

En la citada figura puede observarse una correspondencia muy cercana a la lineal entre el número de vehículos circulando a la altura de la Esquina Gorda y las concentraciones promedios de CO en la misma. Así para una circulación promedio de 2.000 vehículos por hora, la correspondiente concentración promedio de CO es 35 p.p.m. Para una circulación promedio de 2.550 vehículos por hora, la concentración promedio de CO alcanza a 55 p.p.m.

En la Figura 27 se muestra una correlación similar en cuanto a forma de las curvas entre la circulación promedio de vehículos automotores y la concentración promedio de CO para diferentes horas del día, en la Avenida Baralt cruce con la Avenida Oeste 8. Se observa que para una concentración promedio de 35 p.p.m. de CO corresponde una circulación promedio de vehículos automotores de 2.700. Para una circulación promedio de 2.550 vehículos corresponde una concentración promedio de CO de 25 p.p.m.

En la Figura 28 se presentan relaciones similares a las de las Figuras 26 y 27. En el caso específico de la Figura 28 la correlación entre la circulación promedio de vehículos y las concentraciones promedios de CO se presenta para la Esquina Municipal. En este caso para una circulación de 850 vehículos corresponde una concentración de CO de 35 p.p.m. Sin embargo, puede observarse que para condiciones similares de circulación de vehículos, se obtienen concentraciones menores de CO. Así, para las 10:00 a.m. con una circulación promedio de 850 vehículos por hora, corresponde una concentración, como ya se mencionó, de 35 p.p.m.

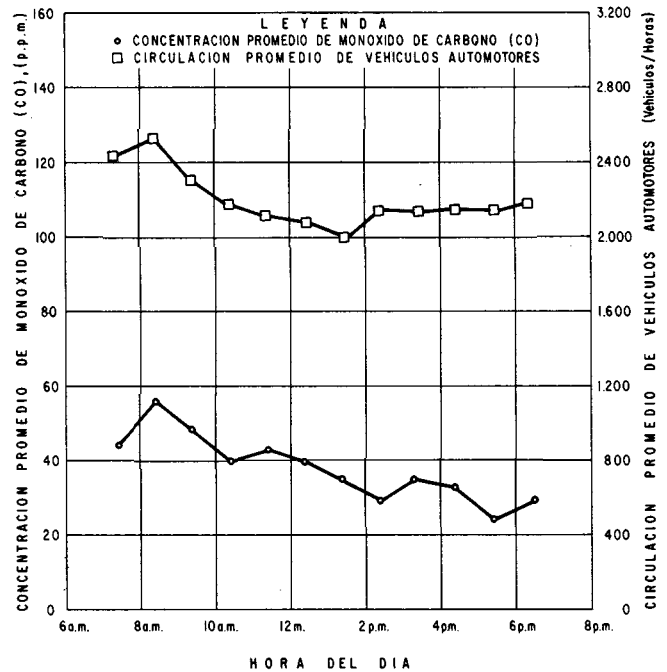
A las 5:00 p.m. para un flujo aproximado de 850 vehículos por hora la concentración correspondiente de CO es de 28 p.p.m.

5.4 *PARAMETROS DE EXPOSICION A MONOXIDO DE CARBONO.*

La evaluación sistemática de diversos parámetros para determinar la contribución de los vehículos automotores en la contaminación atmosférica en el valle de Ca-

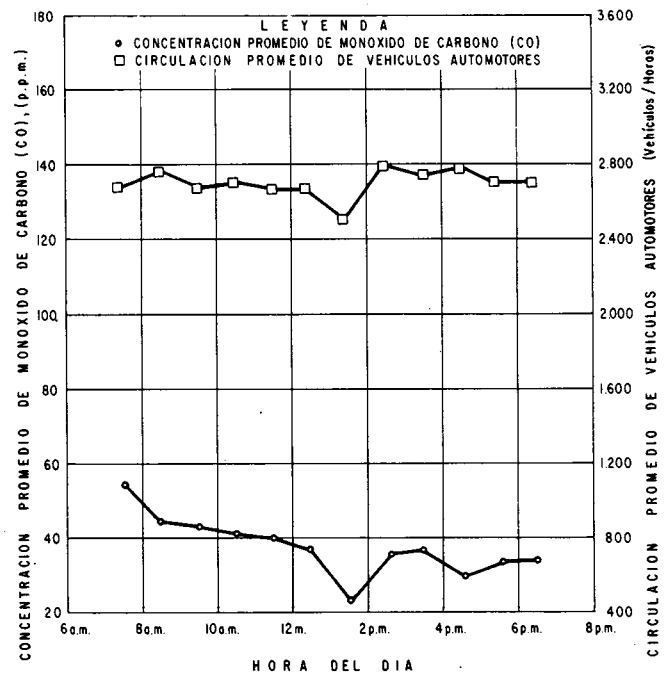
racas, se realizó en forma gradual. Fundamentalmente, se hizo énfasis en el casco central de la ciudad en la primera fase del estudio. Posteriormente, estas actividades se extendieron a otras áreas geográficas del valle de Caracas como se mencionara en el Capítulo 4.

Figura 26



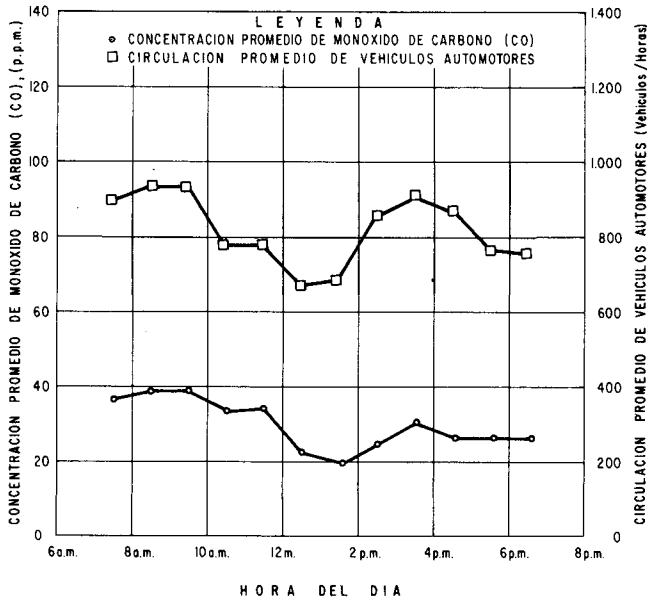
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) con la circulación promedio de vehículos automotores en la Esquina Gorda, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 27



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) con la circulación promedio de vehículos automotores en la Avenida Baralt, cruce con Avenida Oeste 8, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

Figura 28



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) con la circulación promedio de vehículos automotores en la Esquina Municipal, durante el período 20 de enero al 18 de marzo de 1975.

5.4.1 EXPOSICION A MONOXIDO DE CARBONO EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD.

El casco central, a los fines del estudio sobre vehículos automotores, se limitó por las Avenidas Fuerzas Armadas, San Martín, Baralt, Urdaneta y Oeste 14, en la porción comprendida entre la Esquina Isleños, Plaza España, Plaza Capuchinos y Esquina Llaguno, como se indicara en el Capítulo 4.

En las figuras 29 a 37, ambas incluidas, se presentan las variaciones de las concentraciones promedios de CO en función de la hora del día en el intervalo comprendido entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m. Tomando en consideración los resultados obtenidos en la evaluación realizada en el Centro Simón Bolívar, se seleccionaron tres períodos de tiempo en el intervalo antes citado. Estos períodos correspondieron a los comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y, 3:30 p.m. a 6:30 p.m.

La representación gráfica de las variaciones de las concentraciones promedios de CO se hace para los dos tipos de muestreo definidos en el Capítulo 4. La información para la representación gráfica está determinada por las mediciones y análisis de las muestras de aire en cada uno de los cincuenta y cuatro puntos definidos en el citado Capítulo. El agrupamiento de los mismos conforme a su ubicación sobre una determinada avenida o calle suministra la información necesaria para el dibujo de las curvas representadas en las figuras 29 a 37.

En los cuadros 4 al 12, ambos incluidos, se presentan los resultados de los datos obtenidos a través del proce-

samiento de los análisis hechos con el analizador de rayos infrarrojos modelo LIRA 200.

En el Cuadro 4 se incluyen los resultados obtenidos en las Esquinas Capuchinos, Pescador, Bucare, Cárcel, Candilito e Isleños. Todos ellos se encuentran situados sobre la Avenida Oeste 14. En el citado cuadro se observa que la media aritmética de las concentraciones promedios de CO se encuentran en el rango de 17 a 37 p.p.m. para intervalos de una hora. La media aritmética menor se obtiene en la Esquina Candilito y la mayor en la Esquina Cárcel.

Los resultados del muestreo y procesamiento de los datos obtenidos en las Esquinas Jesús, Maderero, Hospital, Hoyo, Pinto y Cristo se presentan en el Cuadro 5. Todos los puntos de muestreo antes citados se encuentran ubicados sobre la Avenida Oeste 12 y se observa que la variación de las concentraciones promedios de CO se encuentran en el rango de 19 a 31 p.p.m. para intervalos de una hora. La media aritmética menor se obtiene en las Esquinas Maderero y Hospital. La mayor se obtiene en la Esquina Hoyo.

En el Cuadro 6 se incluyen los resultados correspondientes a las Esquinas Angelito, Miranda, Miracielos, Velásquez, Miseria y Rosario. Todos ellos se encuentran ubicados sobre la Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna). La media aritmética de las concentraciones promedios de CO para las citadas Esquinas se encuentra en el rango de 21 a 35 p.p.m. para intervalos de una hora. La menor se obtiene en las Esquinas Miseria y la mayor en la Esquina Angelito.

En el Cuadro 7 se observa que el rango de variación de la media aritmética de las concentraciones promedios de CO en la Avenida Oeste 8 es de 20 a 33 p.p.m. para intervalos de una hora. La Esquina representativa de la menor media aritmética es la Esquina San Pablo y la mayor es la correspondiente a la Esquina Zamuro.

Los resultados correspondientes a la Avenida Oeste 6 se encuentran en el Cuadro 8. Sobre esta Avenida, las Esquinas Aserradero, Gorda, Pajaritos, Camejo, Colón y Peñero fueron las seleccionadas para el muestreo de aire. De las avenidas hasta ahora presentadas, ésta es la representativa de la mayor exposición a CO.

Las medias aritméticas de las concentraciones promedio de CO se encuentran comprendidas entre 25 y 58 p.p.m., correspondiéndole la menor a la Esquina Colón y la mayor a la Esquina Gorda. En relación con los resultados presentados en el Cuadro 1 se observa que las medias aritméticas de las concentraciones promedios de CO aumentan de 38 a 58 p.p.m. para intervalos de una hora en la Esquina Gorda y de 26 a 35 en la Esquina Pajaritos. Se destaca que los resultados que se presentan en los cuadros 4 al 12 corresponden al período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Por consiguiente, se observa que en dieciocho meses de desfase entre ambos muestreos, se obtiene un aumento significativo de las concentraciones promedios de CO en las citadas Esquinas Gorda y Pajaritos.

Cuadro 4

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Medio Aritmético	Desviación Standard Aritmético	Medio Geométrico	Desviación Standard Geométrica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA																								
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99													
Punto Nº 1. Esquina Capuchinos. Avenida Oeste 14.																																	
30 MINUTOS	12	52	26	11	24	1.51	32	14	52	52	52	37	34	29	22	21	20	19	18	12													
60 MINUTOS	16	49	27	11	25	1.48	31	13	49	49	49	49	36	30	21	21	20	19	19	16													
Punto Nº 2. Esquina Pescador. Avenida Oeste 14.																																	
30 MINUTOS	12	33	19	6	18	1.34	24	7	33	33	33	25	22	21	20	19	15	15	12	12													
60 MINUTOS	14	27	19	5	18	1.28	23	6	27	27	27	27	26	21	18	18	17	16	16	14													
Punto Nº 3. Esquina Bucare. Avenida Oeste 14.																																	
30 MINUTOS	13	30	19	4	19	1.23	22	5	30	30	30	21	20	20	20	19	18	18	13	13													
60 MINUTOS	16	25	19	3	19	1.17	22	5	25	25	25	25	22	20	20	20	19	16	16	16													
Punto Nº 4. Esquina Cárcel. Avenida Oeste 14.																																	
30 MINUTOS	24	59	36	10	35	1.32	39	11	59	59	59	48	41	40	39	38	28	26	24	24													
60 MINUTOS	24	49	37	9	36	1.27	39	10	49	49	49	49	49	41	37	37	34	27	27	24													
Punto Nº 5. Esquina Candillito. Avenida Oeste 14.																																	
30 MINUTOS	9	25	16	5	15	1.32	19	8	25	25	25	22	20	18	16	15	15	14	11	9													
60 MINUTOS	10	21	17	3	17	1.22	18	5	21	21	21	21	20	19	17	17	16	16	16	10													
Punto Nº 6. Esquina Isleños. Avenida Oeste 14.																																	
30 MINUTOS	18	36	26	5	26	1.21	29	8	36	36	36	32	31	28	26	26	24	23	21	18													
60 MINUTOS	20	34	27	5	27	1.18	30	7	34	34	34	34	32	28	27	27	25	23	23	20													

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en seis puntos de la Avenida Oeste 14, casco central de Caracas, durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976

Cuadro 5

Punto Nº 7. Esquina Jesús. Avenida Oeste 12.																																	
30 MINUTOS	12	31	20	5	19	1.27	24	7	31	31	31	25	25	21	19	19	18	18	15	12													
60 MINUTOS	16	28	20	4	20	1.20	23	6	28	28	28	28	22	21	20	20	20	17	17	16													
Punto Nº 8. Esquina Maderero. Avenida Oeste 12.																																	
30 MINUTOS	12	30	18	5	17	1.30	22	5	30	30	30	22	21	19	19	18	16	16	13	12													
60 MINUTOS	13	25	19	4	19	1.24	23	6	25	25	25	25	24	21	19	19	17	15	15	13													
Punto Nº 9. Esquina Hospital. Avenida Oeste 12.																																	
30 MINUTOS	12	25	19	4	19	1.21	24	6	25	25	25	23	23	21	21	20	18	17	15	12													
60 MINUTOS	16	23	19	2	19	1.13	23	6	23	23	23	23	22	21	19	19	19	19	19	16													
Punto Nº 10. Esquina Hoyo. Avenida Oeste 12.																																	
30 MINUTOS	13	54	31	11	29	1.41	33	13	54	54	54	39	39	32	31	31	29	26	16	13													
60 MINUTOS	15	47	31	9	30	1.32	33	10	47	47	47	47	37	32	31	31	30	29	29	15													
Punto Nº 11. Esquina Pinto. Avenida Oeste 12.																																	
30 MINUTOS	18	35	24	5	24	1.22	28	5	35	35	35	28	27	25	24	23	22	21	19	18													
60 MINUTOS	20	29	25	3	25	1.14	26	3	29	29	29	29	28	28	26	26	23	21	21	20													
Punto Nº 12. Esquina Cristo. Avenida Oeste 12.																																	
30 MINUTOS	19	41	29	6	28	1.23	30	9	41	41	41	35	33	30	30	29	27	26	21	19													
60 MINUTOS	23	37	29	4	29	1.16	33	6	37	37	37	37	32	31	30	30	29	25	25	23													

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en seis puntos de la Avenida Oeste 12, casco central de Caracas, durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976.

Cuadro 6

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Medio Aritmé- tico	Desviación Standard Aritmé- tica	Medio Geomé- trica	Desviación Standard Geomé- trica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA															
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99				
Punto Nº 13. Esquina Angelito. Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna)																								
30 MINUTOS	15	50	34	10	33	1.33	36	13	50	50	50	45	43	40	40	35	31	26	20	15				
60 MINUTOS	18	45	35	9	34	1.30	36	13	45	45	45	45	43	42	41	41	32	26	26	18				
Punto Nº 14. Esquina Miranda. Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna)																								
30 MINUTOS	20	93	33	18	29	1.65	34	13	93	93	93	40	37	31	29	29	25	25	21	20				
60 MINUTOS	21	57	34	11	32	1.37	40	13	57	57	57	57	39	37	29	29	28	27	27	21				
Punto Nº 15. Esquina Miracielos. Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna)																								
30 MINUTOS	13	34	24	5	23	1.23	27	7	34	34	34	28	27	27	26	26	22	21	20	13				
60 MINUTOS	17	29	25	4	25	1.17	26	3	29	29	29	29	28	28	27	27	24	23	23	17				
Punto Nº 16. Esquina Velásquez. Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna)																								
30 MINUTOS	23	44	31	8	30	1.31	37	10	44	44	44	43	40	36	29	26	25	24	23	23				
60 MINUTOS	23	43	32	8	31	1.29	37	10	43	43	43	43	42	40	27	27	26	24	24	23				
Punto Nº 17. Esquina Miseria. Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna)																								
30 MINUTOS	13	34	20	6	19	1.33	24	7	34	34	34	25	24	22	19	17	17	15	14	13				
60 MINUTOS	14	34	21	6	20	1.34	25	8	34	34	34	34	25	23	19	19	19	16	16	14				
Punto Nº 18. Esquina Rosario. Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna)																								
30 MINUTOS	9	44	21	10	19	1.59	25	13	44	44	44	30	24	20	19	17	15	15	10	9				
60 MINUTOS	10	40	22	10	20	1.55	25	12	40	40	40	40	34	25	20	20	16	15	15	10				

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en seis puntos de la Avenida Oeste 10 (Av. Lecuna), casco central de Caracas, durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976.

Cuadro 7

Punto Nº 19. Esquina Rivoli. Avenida Oeste 8.																								
30 MINUTOS	11	47	28	10	26	1.42	30	11	47	47	47	37	35	35	29	29	24	19	14	11				
60 MINUTOS	13	41	28	9	27	1.39	33	10	41	41	41	41	38	36	29	29	22	22	22	13				
Punto Nº 20. Esquina San Pablo. Avenida Oeste 8.																								
30 MINUTOS	13	29	19	5	18	1.30	23	6	29	29	29	24	22	22	19	17	17	17	14	13				
60 MINUTOS	16	29	20	4	20	1.24	24	6	29	29	29	29	23	22	21	21	18	16	16	16				
Punto Nº 21. Esquina Santa Teresa. Avenida Oeste 8.																								
30 MINUTOS	19	52	30	9	29	1.32	34	13	52	52	52	39	34	30	29	28	26	25	23	19				
60 MINUTOS	21	39	31	5	31	1.19	34	6	39	39	39	39	35	35	31	31	29	28	28	21				
Punto Nº 22. Esquina Cruz Verde. Avenida Oeste 8.																								
30 MINUTOS	18	35	27	6	26	1.24	31	8	35	35	35	34	33	29	29	28	24	22	18	18				
60 MINUTOS	20	34	27	5	27	1.21	31	8	34	34	34	34	32	31	30	30	25	21	21	20				
Punto Nº 23. Esquina Zamuro. Avenida Oeste 8.																								
30 MINUTOS	18	47	32	8	31	1.29	34	12	47	47	47	43	38	34	33	33	29	28	21	18				
60 MINUTOS	22	43	33	7	32	1.23	36	7	43	43	43	43	39	37	33	33	33	25	25	22				
Punto Nº 24. Esquina Pájaro. Avenida Oeste 8.																								
30 MINUTOS	15	35	26	5	26	1.19	29	8	35	35	35	31	29	27	27	26	25	25	22	15				
60 MINUTOS	23	29	26	2	26	1.08	29	2	29	29	29	29	28	28	27	27	25	25	25	15				

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en seis puntos de la Avenida Oeste 8, casco central de Caracas, durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de la Avenida Oeste 4 (Avenida Universidad). Sobre ella se seleccionaron las Esquinas Escalinata, Pedrera, San Francisco, Traposos, Chorro y Corazón de Jesús para efectuar las mediciones y captaciones de muestras del aire a los fines del estudio. Las medias aritméticas de las concentraciones promedios de CO se encuentran en el rango de 25 a 42 p.p.m. para intervalos de una hora. La menor se obtiene en las Esquinas Corazón de Jesús y Traposos. La mayor se encuentra en la Esquina Escalinata.

En el Cuadro 10 se incluyen los resultados correspondientes a las Esquinas Solís, Muñoz, Padre Sierra, Gradillas, Doctor Paúl y Socarrás, todas situadas en la Avenida Oeste 2. La media aritmética de las concentraciones promedios se encuentra en el rango de 17 a 66 p.p.m. para intervalos de una hora. La menor se observa en la Esquina Padre Sierra y la mayor en la Esquina Muñoz. Exceptuando a la Esquina Padre Sierra, la media aritmética varía entre 25 y 66 p.p.m. de CO. En este último caso, la menor se encuentra en la Esquina Solís.

En el Cuadro 11 se presentan los resultados obtenidos en las Esquinas Camino Nuevo, Piñango, Principal, Madrices, Marrón y Romualda. Todas ellas están situadas en la Avenida Oeste 0. La media aritmética de las concentraciones promedios de CO varía entre 6 y 44 p.p.m. para intervalos de una hora. La menor corresponde a la Esquina Principal y la mayor a la Esquina Marrón. Esta media aritmética de 6 p.p.m. es la más baja observada hasta ahora en el casco central de la ciudad. Sin embargo, ello no es de extrañar porque la misma se encuen-

tra ubicada en un área cerrada al tránsito de vehículos automotores y rodeada de edificaciones que se transforman en barreras para el transporte del CO.

En el Cuadro 12 se presentan los resultados correspondientes a las Esquinas Bolero, Llaguno, Santa Capilla, Veroes, Pelota y Plaza España. Todas ellas se encuentran en la Avenida Urdaneta. El rango de la media aritmética de las concentraciones promedios de CO, varía entre 19 y 42 p.p.m. La menor se obtiene en la Esquina Santa Capilla y la mayor en la Esquina Pelota.

En el Cuadro 13 se presenta el resultado del procesamiento de los datos de concentraciones de CO en las avenidas del casco central de Caracas. El resultado corresponde al promedio aritmético de las concentraciones de este contaminante en el grupo de los puntos de toma de muestras de aire situados sobre cada avenida. A título de ilustración, los resultados de la Avenida Oeste 14 corresponden al procesamiento de los puntos 1 al 6 del Cuadro 4.

En este Cuadro 13 se observa que el rango de las concentraciones promedios de CO en las avenidas del casco central varía entre 23 y 37 p.p.m. para períodos de una hora dentro del intervalo 7:00 a.m. a 7:00 p.m. El menor valor se obtiene en la Avenida Oeste 0 y el mayor en la Avenida Oeste 6. En cuatro de las nueve avenidas consideradas en el cuadro, el valor promedio de las concentraciones de CO es igual o mayor que 33 p.p.m. Estas avenidas son la Oeste 6, Oeste 4 (Avenida Universidad), Oeste 2 y Urdaneta.

Cuadro 10

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Media Aritmética	Desviación Standard Aritmética	Media Geométrica	Desviación Standard Geométrica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA															
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99				
Punto Nº 37. Esquina Solís. Avenida Oeste 2.																								
30 MINUTOS	16	44	25	9	24	1.40	31	13	44	44	44	36	27	24	24	20	19	19	17	16				
60 MINUTOS	18	39	25	7	24	1.32	28	9	39	39	39	39	32	26	23	23	22	18	18	18				
Punto Nº 38. Esquina Muñoz. Avenida Oeste 2.																								
30 MINUTOS	35	100	66	19	63	1.32	68	25	100	100	100	85	84	62	60	60	57	56	40	35				
60 MINUTOS	45	91	66	15	64	1.26	71	22	91	91	91	91	79	73	71	71	60	48	48	45				
Punto Nº 39. Esquina Padre Sierra. Avenida Oeste 2.																								
30 MINUTOS	10	24	17	4	16	1.28	20	7	24	24	24	22	21	20	19	18	16	14	10	10				
60 MINUTOS	10	21	17	4	17	1.25	20	7	21	21	21	21	21	20	19	19	19	14	14	10				
Punto Nº 40. Esquina Gradillas. Avenida Oeste 2.																								
30 MINUTOS	16	40	27	7	26	1.28	30	7	40	40	40	35	33	30	29	24	23	22	20	16				
60 MINUTOS	18	37	27	7	26	1.28	30	7	37	37	37	37	36	30	27	27	23	22	22	18				
Punto Nº 41. Esquina Dr. Paúl. Avenida Oeste 2.																								
30 MINUTOS	17	51	36	9	35	1.26	36	13	51	51	51	44	42	40	39	38	35	33	25	17				
60 MINUTOS	21	46	36	7	35	1.22	38	5	46	46	46	46	40	39	39	39	38	35	35	21				
Punto Nº 42. Esquina Socarrás. Avenida Oeste 2.																								
30 MINUTOS	19	52	35	8	34	1.26	36	13	52	52	52	41	40	38	37	35	33	33	24	19				
60 MINUTOS	22	47	35	7	34	1.22	38	5	47	47	47	47	38	38	36	36	35	33	33	22				

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en seis puntos de la Avenida Oeste 2, casco central de Caracas, durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976.

Cuadro 11

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Medio Aritmético	Desviación Standard Aritmético	Medio Geométrico	Desviación Standard Geométrica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA															
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99				
Punto Nº 43. Esquina Camino Nuevo. Avenida Oeste O.																								
30 MINUTOS	5	19	13	3	13	1.28	15	5	19	19	19	16	15	14	13	13	13	13	10	5				
60 MINUTOS	11	17	13	2	13	1.16	19	2	17	17	17	17	15	14	13	13	12	12	12	11				
Punto Nº 44. Esquina Pifango. Avenida Oeste O.																								
30 MINUTOS	10	51	22	11	20	1.59	24	13	51	51	51	27	27	23	19	19	17	15	12	10				
60 MINUTOS	13	46	22	10	20	1.54	30	13	46	46	46	46	23	20	20	20	19	18	18	13				
Punto Nº 45. Esquina Principal. Avenida Oeste O.																								
30 MINUTOS	3	13	6	3	6	1.50	7	0	13	13	13	8	8	7	6	6	5	4	4	3				
60 MINUTOS	5	9	6	2	6	1.37	9	2	9	9	9	9	9	8	7	7	5	5	5	5				
Punto Nº 46. Esquina Madrices. Avenida Oeste O.																								
30 MINUTOS	9	15	11	2	11	1.21	14	5	15	15	15	14	13	13	12	11	11	10	9	9				
60 MINUTOS	10	14	12	1	12	1.12	16	3	14	14	14	14	14	12	12	12	11	11	11	10				
Punto Nº 47. Esquina Marrón. Avenida Oeste O.																								
30 MINUTOS	14	99	44	27	37	1.77	55	34	99	99	99	82	67	37	30	28	23	23	22	14				
60 MINUTOS	19	78	44	20	40	1.55	48	25	78	78	78	78	60	55	48	48	27	25	25	19				
Punto Nº 48. Esquina Romualda. Avenida Oeste O.																								
30 MINUTOS	15	74	39	17	36	1.52	48	26	74	74	74	60	49	36	33	32	30	26	26	15				
60 MINUTOS	23	67	39	14	37	1.46	46	17	67	67	67	67	54	38	33	33	32	29	29	23				

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en seis puntos de la Avenida Oeste O, casco central de Caracas, durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976.

Cuadro 12

Punto Nº 49. Esquina Bolero. Avenida Urdaneta.																							
30 MINUTOS	22	60	38	12	36	1.36	43	14	60	60	60	51	47	47	36	35	31	29	23	22			
60 MINUTOS	23	54	39	11	37	1.33	43	14	54	54	54	54	47	47	37	37	33	29	29	23			
Punto Nº 50. Esquina Llaguno. Avenida Urdaneta.																							
30 MINUTOS	17	69	39	15	36	1.45	41	19	69	69	69	54	45	43	39	37	32	29	17	17			
60 MINUTOS	17	65	38	14	36	1.44	43	20	65	65	65	65	47	44	40	40	29	29	29	17			
Punto Nº 51. Esquina Santa Capilla. Avenida Urdaneta.																							
30 MINUTOS	13	34	19	6	18	1.35	23	6	34	34	34	20	19	19	19	18	17	17	14	13			
60 MINUTOS	14	32	19	6	18	1.33	25	8	32	32	32	32	19	19	18	18	16	16	16	14			
Punto Nº 52. Esquina Verboes. Avenida Urdaneta.																							
30 MINUTOS	21	46	34	6	33	1.20	40	7	46	46	46	41	37	36	36	34	34	33	27	21			
60 MINUTOS	24	41	35	5	35	1.16	38	5	41	41	41	41	39	38	36	36	35	33	33	24			
Punto Nº 53. Esquina Pelota. Avenida Urdaneta.																							
30 MINUTOS	21	76	41	18	38	1.51	49	20	76	76	76	69	56	36	36	32	31	29	24	21			
60 MINUTOS	27	73	42	17	39	1.47	51	22	73	73	73	73	63	38	34	34	34	27	27	27			
Punto Nº 54. Esquina Plaza España. Avenida Urdaneta																							
30 MINUTOS	20	49	36	8	35	1.26	35	12	49	49	49	45	41	39	38	38	35	32	22	20			
60 MINUTOS	21	43	36	7	35	1.22	41	8	43	43	43	43	42	41	40	40	37	32	32	21			

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en seis puntos de la Avenida Urdaneta, casco central de Caracas, durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976.

Cuadro 13

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Medio Aritmético	Desviación Standard Aritmético	Medio Geométrica	Desviación Standard Geométrica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA															
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99				
Avenida Oeste 14.																								
30 MINUTOS	9	59	24	10	22	1.49	26	13	59	59	40	32	26	24	22	20	19	18	14	11				
60 MINUTOS	10	49	24	10	22	1.47	26	14	49	49	41	34	27	25	21	20	19	17	16	10				
Avenida Oeste 12.																								
30 MINUTOS	12	54	24	8	23	1.38	28	10	54	54	35	30	27	25	22	21	19	18	15	12				
60 MINUTOS	13	47	24	7	23	1.33	27	8	47	47	32	30	28	25	23	21	20	19	16	13				
Avenida Oeste 10 (Avenida Lecuna).																								
30 MINUTOS	9	93	27	12	25	1.53	29	16	93	93	43	40	31	28	26	24	21	20	15	10				
60 MINUTOS	10	57	28	10	26	1.42	30	16	57	57	43	40	34	28	27	25	23	19	16	10				
Avenida Oeste 8.																								
30 MINUTOS	11	52	27	8	26	1.36	30	9	52	52	39	34	32	29	28	25	24	21	17	13				
60 MINUTOS	13	43	28	7	27	1.29	32	8	43	43	39	35	32	29	28	27	23	22	20	13				
Avenida Oeste 6.																								
30 MINUTOS	11	80	37	14	35	1.45	40	18	80	80	60	50	41	37	35	32	28	25	22	17				
60 MINUTOS	14	72	37	13	35	1.41	41	19	72	72	63	47	42	38	36	34	30	26	25	14				
Avenida Oeste 4 (Avenida Universidad).																								
30 MINUTOS	9	83	33	15	30	1.55	32	18	83	83	54	44	40	36	33	27	22	20	18	10				
60 MINUTOS	10	80	33	13	31	1.48	33	16	80	80	50	45	39	35	34	30	24	22	20	10				
Avenida Oeste 2.																								
30 MINUTOS	10	100	34	19	30	1.67	36	22	100	100	60	44	40	36	33	25	22	20	17	10				
60 MINUTOS	10	91	34	18	30	1.64	38	23	91	91	71	46	39	37	35	27	22	21	18	10				
Avenida Oeste 0.																								
30 MINUTOS	3	99	22	20	16	2.17	32	22	99	99	57	31	26	19	15	13	12	10	6	4				
60 MINUTOS	5	78	23	18	18	1.99	32	21	78	78	55	38	25	20	17	14	12	11	8	5				
Avenida Urdaneta.																								
30 MINUTOS	13	76	35	14	33	1.46	37	16	76	76	56	46	39	37	34	32	29	22	19	14				
60 MINUTOS	14	73	35	13	33	1.46	38	17	73	73	54	44	40	38	35	33	29	23	18	14				

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en las Avenidas Oeste 14, Oeste 12, Oeste 10, Oeste 8, Oeste 6, Oeste 4, Oeste 2, Oeste 0 y Urdaneta, casco central de Caracas, durante el periodo 19 de julio al 11 de agosto de 1976.

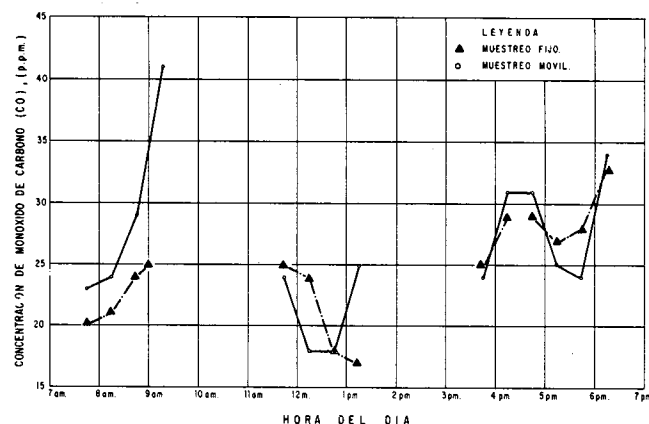
En la Figura 29 se representa la concentración promedio de CO en la Avenida Oeste 14 en los tres periodos seleccionados para los dos tipos de muestreo definidos en el Capítulo 4. Se observa que el mayor aumento de la concentración de CO ocurre en el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m. cuando se produce un aumento de 23 p.p.m. a 42 p.p.m. según el muestreo por medición directa con el Ecolyzer. En el intervalo 3:30 p.m. a 6:30 p.m. la concentración promedio de CO varía entre 24 y 34 p.p.m. para el mismo tipo de medición. La orientación de los cambios en las concentraciones promedios de CO, cuando se emplea el método de captación de muestras de aire en bolsas y se analiza posteriormente con el LIRA 200, es casi similar a las del muestreo con el Ecolyzer. Se advierte que ambas determinaciones no deben coincidir salvo condiciones muy especiales de homogeneidad de la concentración de CO a lo largo de toda la avenida.

En la Figura 30 se presentan las curvas características para los dos tipos de muestreo en la Avenida Oeste 12. Se observa que las concentraciones promedios de CO para ambos tipos de muestreo se diferencian apreciablemente. En el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m. las tendencias de las curvas son opuestas. En este caso, los resultados del análisis de las muestras de aire captadas en bolsas, tienden a ser más estables que los resultados de las mediciones directas con el Ecolyzer. En los intervalos 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. las tendencias de las respectivas curvas son más parecidas aunque se observan variaciones apreciables.

En las figuras 31 a la 37 se incluyen las curvas de variación de las concentraciones promedios de CO en las avenidas Oeste 10, Oeste 8, Oeste 6, Oeste 4, Oeste 2, Oeste 0 y Urdaneta, respectivamente. Los comentarios hechos para las figuras 29 y 30 son válidos también para estas avenidas.

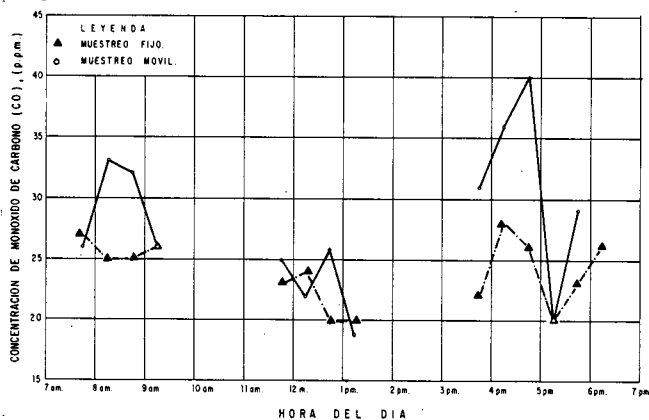
Dadas las características específicas de las figuras 29 a la 37, donde se observa una evidente discrepancia entre los valores de las concentraciones promedios de CO obtenidos por ambos métodos, se corrió una serie de pruebas en las cuales se calibró el Ecolyzer contra los resultados de los análisis con el LIRA 200. En esta calibración, las muestras de aire captadas por periodos de media hora, fueron analizadas en el LIRA 200 y el resultado fue comparado con el valor promedio aritmético de las lecturas a cada minuto de las concentraciones de CO en los mismos sitios donde se captaron las muestras de aire. Tanto la captación de las muestras de aire como la realización de las mediciones fueron simultáneas para el sitio seleccionado. La comparación de los valores obtenidos fue significativa al encontrarse una similitud entre ambos métodos con una desviación de ± 1 p.p.m. en el rango de concentraciones de CO entre 30 y 50 p.p.m., región en la cual se encuentra la mayor parte de las concentraciones de CO en las determinaciones realizadas. Por consiguiente, las discrepancias obedecen a la forma como se condujeron ambos tipos de evaluaciones.

Figura 29



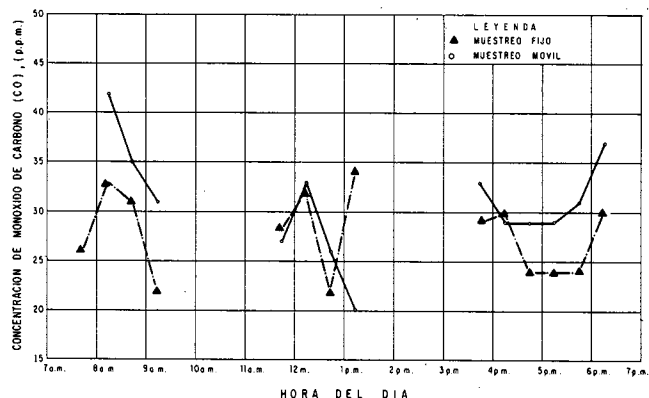
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Oeste 14, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 30



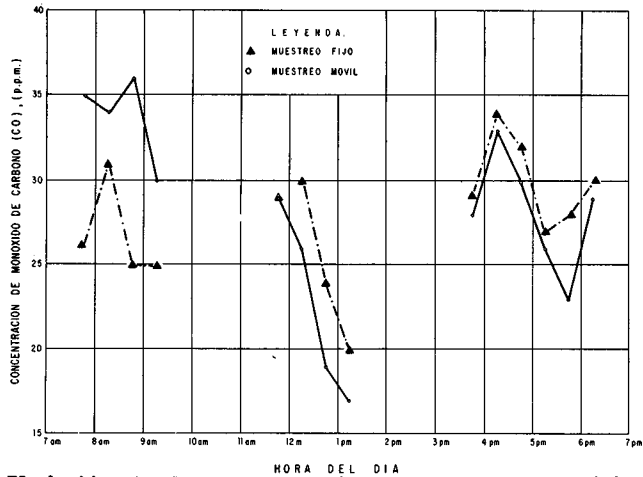
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Oeste 12, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 31



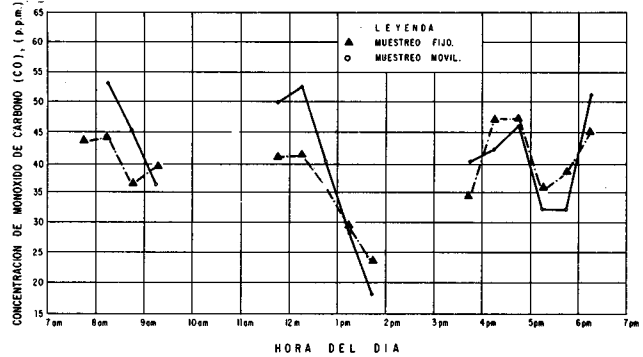
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Lecuna (Oeste 10), en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 32



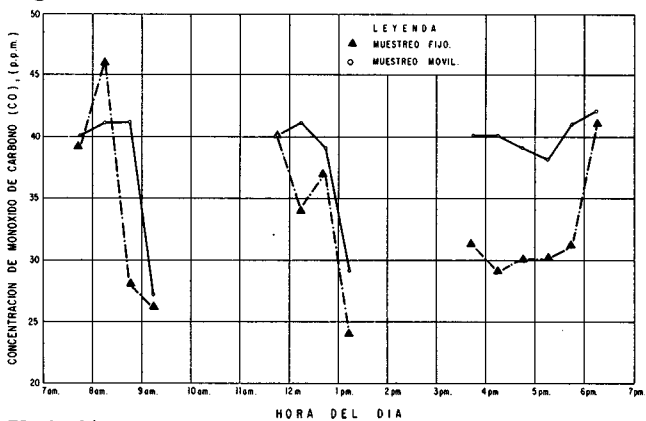
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Oeste 8, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 33



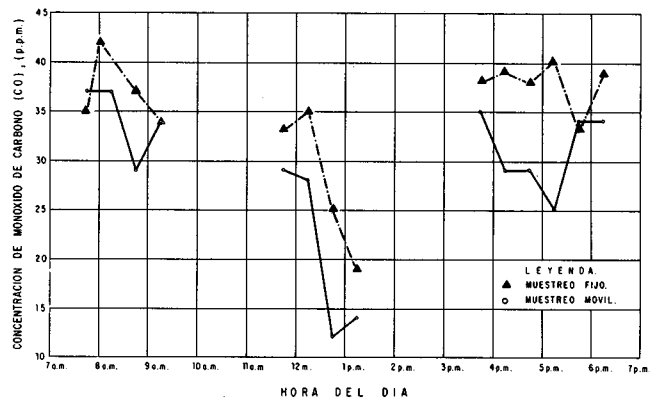
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Oeste 6, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 34



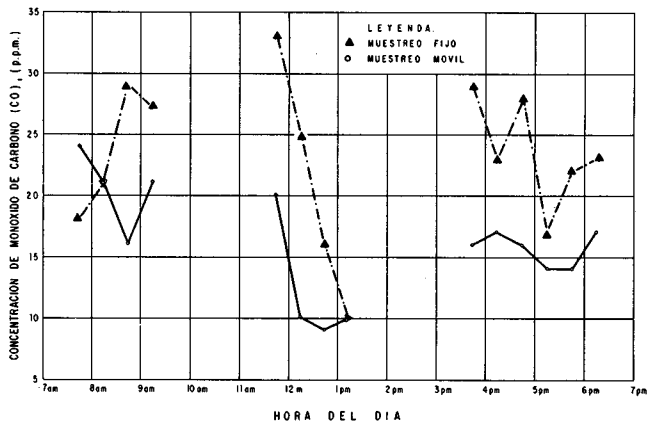
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Universidad, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 35



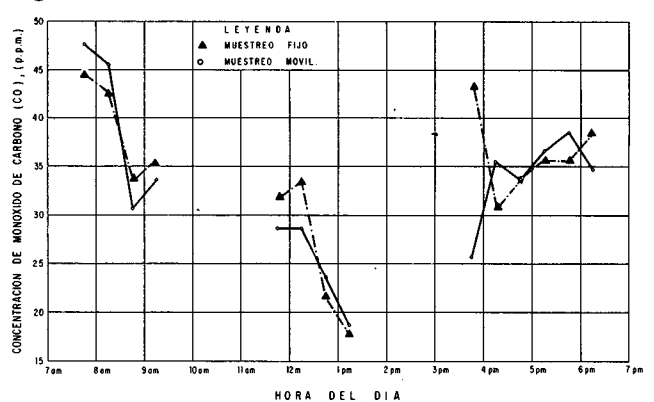
Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Oeste 2, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 36



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Oeste 0, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

Figura 37



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Urdaneta, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. Curvas para muestreo fijo con colección de muestras de aire en bolsas y para muestreo móvil continuo con lecturas directas.

En la Figura 38 se presenta el resumen de las concentraciones promedios de CO en las principales avenidas situadas dentro del casco central de Caracas en los tres intervalos de tiempo seleccionados entre las 7:00 a.m. y las 7:00 p.m. durante el período 19 de julio al 11 de agosto de 1976. En ésta se observa que en los tres intervalos considerados, el valor más constante ocurre en la Avenida Universidad o Avenida Oeste 4. Las variaciones más significativas ocurren en las avenidas Fuerzas Armadas y Baralt. Se observa que las concentraciones promedios de CO son más altas de 7:30 a.m. a 9:30 a.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. cuando se comparan los tres intervalos. Con la excepción de la Avenida Oeste 14, las concentraciones de CO son más altas durante el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m.

5.4.2 Exposición a monóxido de carbono en las principales avenidas del valle de Caracas.

La ampliación de la cobertura de los muestreos se realizó en forma progresiva para cubrir el área del valle de Caracas, tal como se indicara en el Capítulo 4. De las figuras 39 a la 47 se presentan las variaciones de la concentración promedio de CO en las principales avenidas del valle de Caracas: Avenida Libertador; Avenida Sucre (Catia); Avenida Andrés Bello; Avenida San Martín; Avenida Nueva Granada; Avenida Roosevelt; Avenida Páez; Avenida Francisco de Miranda y Avenida Abraham Lincoln. Las variaciones se presentan para los tres intervalos comprendidos entre las 7:00 a.m. a 7:00 p.m. durante el período del 8 al 25 de noviembre de 1976.

En el Cuadro 14 se incluyen los resultados de los datos obtenidos a través del procesamiento de las mediciones hechas con el Ecolyzer, simulando la técnica de recolección de muestras por bolsas, haciendo 30 lecturas en intervalos de media hora para cada punto. Se observa que la media aritmética de las concentraciones promedios de CO para intervalos de una hora están en el rango 32 a 61 p.p.m. El valor más alto se encuentra en la Avenida Nueva Granada. Y el más bajo en la Avenida Páez.

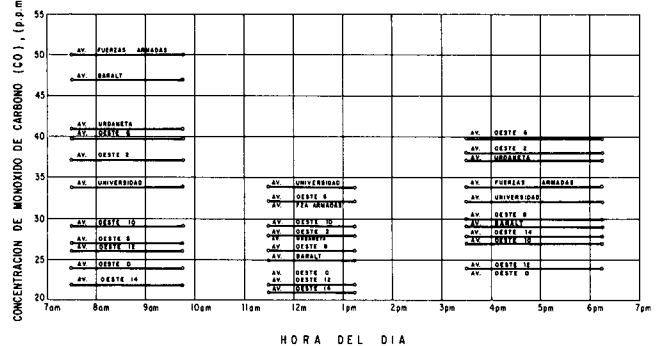
Las medias aritméticas de la concentración promedio de CO, en las avenidas Francisco de Miranda, Abraham Lincoln, Avenida Libertador y Avenida Andrés Bello, son similares para intervalos de una hora. Los valores varían entre 47 y 49 p.p.m. de CO. En la Avenida Sucre la media aritmética alcanza un valor de 58 p.p.m. y en la Avenida San Martín, el valor de 45 p.p.m., para intervalos de una hora. En la Avenida Nueva Granada, tal como se mencionase en el párrafo anterior se alcanza la media aritmética más alta, a saber, 61 p.p.m. En las avenidas Roosevelt, Victoria y Páez, las medias aritméticas correspondientes alcanzan valores más moderados cuando se los comparan con los de las Avenidas Francisco de Miranda, Abraham Lincoln, Avenida Libertador, Avenida Andrés Bello, Avenida Sucre y Avenida San Martín.

En la Figura 39 se observa que en la Avenida Libertador, la variación de la concentración promedio de CO está comprendida en el rango 44 a 62 p.p.m. cuando se

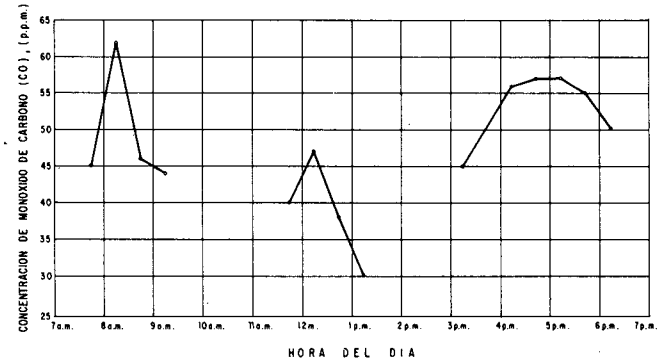
consideran los intervalos de 7:30 a.m. a 9:30 a.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. En el intervalo 11:30 a.m. a 1:30 p.m. la concentración promedio más alta es similar a las más bajas de los intervalos anteriores.

En la Figura 40 se observa la variación de la concentración promedio de CO en la Avenida Sucre (Catia). Es significativo señalar que ésta se mantiene en rangos elevados. En el intervalo de 7:30 a.m. a 9:30 a.m. la concentración varía entre 57 y 81 p.p.m. de CO. Entre las 11:30 a.m. y 1:30 p.m. la variación es de 48 a 54 p.p.m. y entre las 3:30 p.m. y 6:30 p.m. es de 50 a 64 p.p.m. de CO.

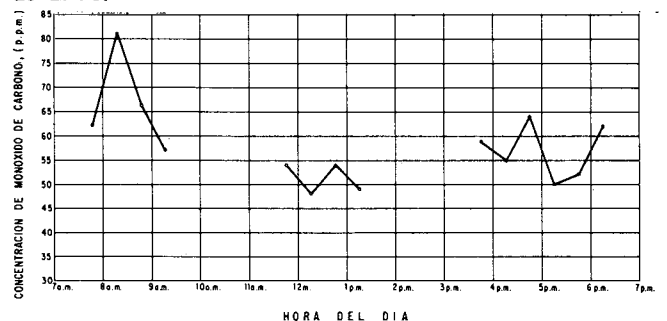
Figuras 38, 39 y 40



Concentraciones promedios de monóxido de carbono (CO) en las principales avenidas situadas dentro del casco central de Caracas en tres intervalos de tiempo comprendidos entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período del 19 de julio al 11 de agosto de 1976.



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Libertador en tres intervalos de tiempo comprendidos entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m. durante el período del 8 al 25 de noviembre de 1976.



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Sucre (Catia), en tres intervalos de tiempo comprendidos entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período del 8 al 25 de noviembre de 1976.

Cuadro 14

Sitio o Zona de Muestreo Tiempo Promedio	Mínimo	Máximo	Medio Aritmético	Desviación Standard Aritmético	Medio Geométrica	Desviación Standard Geométrica	Percentil 80	Desviación Percentil 80	PORCENTAJE DE TIEMPO CUANDO LA CONCENTRACION ES EXCEDIDA																																												
									0.1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99																																	
Avenida Francisco de Miranda.																																																					
30 MINUTOS	22	95	48	19	45	1.46	54	24	95	95	78	68	56	51	45	41	35	33	26	22																																	
60 MINUTOS	25	95	49	18	46	1.43	52	22	95	95	73	69	62	53	47	40	37	32	32	25																																	
Avenida Abraham Lincoln.																																																					
30 MINUTOS	28	76	49	11	48	1.24	45	15	76	76	67	56	53	51	51	48	45	42	36	28																																	
60 MINUTOS	36	64	49	8	48	1.18	44	15	64	64	64	56	54	54	52	47	43	42	42	36																																	
Avenida Libertador.																																																					
30 MINUTOS	30	67	48	11	47	1.24	46	16	67	67	62	61	57	54	49	44	41	40	38	30																																	
60 MINUTOS	34	62	49	9	48	1.19	43	14	62	62	62	57	56	55	52	48	45	45	35	34																																	
Avenida Andrés Bello.																																																					
30 MINUTOS	22	99	47	18	44	1.45	50	17	99	99	71	62	55	51	44	40	35	31	28	23																																	
60 MINUTOS	24	86	47	15	45	1.37	45	15	86	86	75	57	55	45	44	42	38	36	33	24																																	
Avenida Sucre (Catia).																																																					
30 MINUTOS	31	89	57	14	55	1.28	54	21	89	89	77	70	66	63	57	55	51	47	40	32																																	
60 MINUTOS	33	73	58	11	57	1.22	50	20	73	73	72	67	67	62	61	59	58	47	40	33																																	
Avenida San Martín.																																																					
30 MINUTOS	19	85	44	17	41	1.44	49	17	85	85	69	63	54	49	43	35	33	31	27	21																																	
60 MINUTOS	23	74	45	15	43	1.38	47	18	74	74	69	61	56	46	44	40	33	32	28	23																																	
Avenida Nueva Granada.																																																					
30 MINUTOS	35	276	61	43	50	1.88	50	20	276	276	69	64	59	57	54	53	46	45	39	35																																	
60 MINUTOS	41	170	61	32	54	1.63	60	31	170	170	170	62	62	57	50	50	49	49	41	41																																	
Avenida Roosevelt.																																																					
30 MINUTOS	16	67	37	13	35	1.39	40	11	67	67	58	48	46	41	33	32	30	29	25	16																																	
60 MINUTOS	19	63	38	11	36	1.33	40	12	63	63	63	49	47	40	37	36	33	30	24	19																																	
Avenida Victoria.																																																					
30 MINUTOS	14	83	40	24	34	1.73	46	18	83	83	83	71	55	51	50	26	24	17	14	14																																	
60 MINUTOS	17	67	40	21	35	1.65	44	17	67	67	67	67	63	63	38	38	19	19	16	16																																	
Avenida Paéz.																																																					
30 MINUTOS	10	61	32	13	30	1.50	35	20	61	61	52	46	44	33	30	26	24	23	19	10																																	
60 MINUTOS	18	55	32	11	30	1.40	31	19	55	55	55	41	41	39	38	30	26	21	18	18																																	

Concentraciones promedios de CO para los intervalos de tiempo comprendidos entre 7:30 a.m. y 9:30 a.m.; 11:30 a.m. y 1:30 p.m.; y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. en las principales avenidas del valle de Caracas durante el período del 8 al 25 de noviembre de 1976.

En la Figura 41 se observa la variación de la concentración promedio de CO en la Avenida Andrés Bello. Esta es, a similitud de la Avenida Sucre, de rango elevado en el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m., donde la variación está entre 50 y 78 p.p.m. de CO. Considerados en forma conjunta los intervalos de 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m., las concentraciones varían entre 30 y 50 p.p.m. de CO. Se observa que el mayor promedio de CO en estos dos intervalos coincide con el menor en el intervalo de 7:30 a.m. a 9:30 a.m.

En la Figura 42 se observa que las concentraciones promedios de CO en la Avenida San Martín son bastante altas durante el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m. En el mismo, el rango de variación es de 60 a 67 p.p.m. de CO. En relación con éste, se observa una notable disminución en el intervalo 11:30 a.m. a 1:30 p.m., en el cual la concentración varía entre 27 y 36 p.p.m. de CO. En el intervalo siguiente, 3:30 p.m. a 6:30 p.m. se observa un aumento de la concentración hacia valores comprendidos entre 34 y 49 p.p.m. de CO.

En la Figura 43 se observa que la variación de concentración promedio de CO en la Avenida Nueva Granada varía entre 38 y 72 p.p.m., en el intervalo de 7:30 a.m. a 9:30 a.m. La variación está entre 40 y 55 p.p.m. en el intervalo 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y entre 42 y 62 en el intervalo 3:30 p.m. a 6:00 p.m. En la Figura 44 se observa que la variación de la concentración promedio de CO en la Avenida Roosevelt se encuentra entre 34 y 55 p.p.m., 23 y 36 p.p.m., y 30 y 49 p.p.m. en los tres intervalos considerados.

En la Figura 45 se observa que las variaciones de concentración de CO, en los tres intervalos, en la Avenida Páez son de 29 a 48 p.p.m., 21 a 24 p.p.m. y 15 a 54 p.p.m. respectivamente. Los mayores valores se presentan en los intervalos 7:30 a.m. a 9:30 a.m. y 3:30 p.m. a 6:30 p.m.

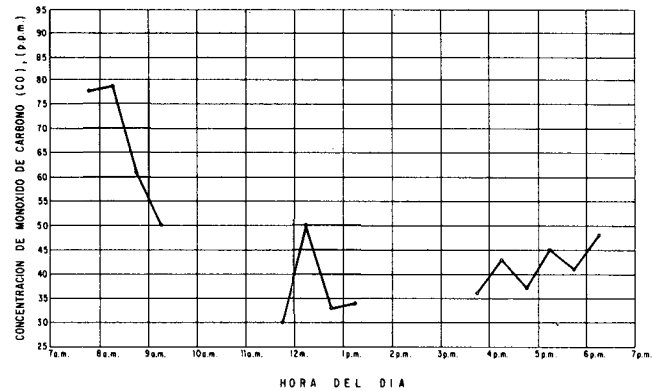
En la Avenida Francisco de Miranda, según la representación gráfica de la Figura 46, las variaciones de las concentraciones promedios de CO son de carácter similar, por la forma de las curvas, a los de las avenidas previamente comentadas. En el caso particular de la Avenida Francisco de Miranda, los valores oscilan entre 44 y 73 p.p.m. de CO en el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m. Este rango es de 29 a 42 p.p.m. de CO en el intervalo 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y de 45 a 66 p.p.m. de CO en el intervalo 3:30 p.m. a 6:30 p.m.

En la Figura 47 se observa que la variación en la concentración promedio de CO está en el rango de 33 a 68 p.p.m. en el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m. Las variaciones respectivas son de 32 a 49 y de 44 a 76 p.p.m. en los otros dos intervalos.

En la Figura 48 se presenta la relación que guardan entre sí las concentraciones promedios de CO en las principales avenidas del valle de Caracas. Con las excepciones de las avenidas Páez y Victoria en el intervalo 11:30 a.m. a 1:30 p.m., todas las concentraciones promedios son superiores a 27 p.p.m. para cualquiera de los intervalos con-

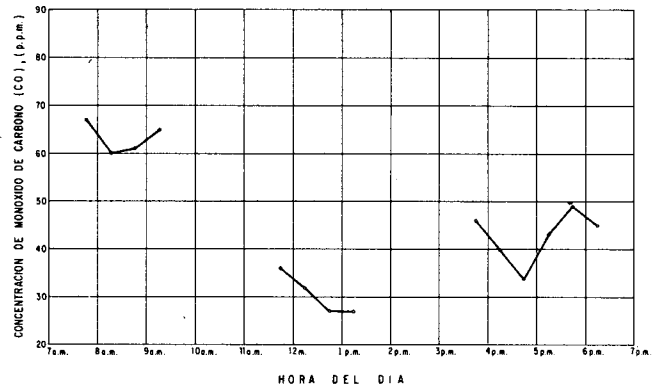
siderados. En el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m. la concentración promedio mínima es de 40 p.p.m. de CO en la Avenida Páez. Igualmente, en la Avenida Páez se obtiene la concentración promedio mínima, 34 p.p.m. de CO, en el intervalo 3:30 p.m. a 6:30 p.m.

Figura 41



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida Andrés Bello, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período del 8 al 25 de noviembre de 1976.

Figura 42



Variación de la concentración promedio de monóxido de carbono (CO) en la Avenida San Martín, en tres intervalos de tiempo comprendidos entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período del 8 al 25 de noviembre de 1976.

5.4.3 Exposición a CO en el interior de vehículos.

Conforme a lo indicado en el Capítulo 4 se realizó la actividad complementaria de evaluación de la exposición a monóxido en el interior de vehículos automotores. La evaluación se llevó a cabo durante dos días en los cuales se recorrieron las avenidas Sucre, Urdaneta y Andrés Bello, en los tres intervalos definidos como los de mayor exposición. Además, estas avenidas se seleccionaron por las altas concentraciones de CO determinadas en otros muestreos realizados en las zonas de tránsito de peatones.

El método de recolección de muestras utilizado fue el de captación en bolsas, similar al descrito en el Capítulo 4. El análisis de las muestras se realizó con el analizador de rayos infrarrojos modelo LIRA 200.

El resumen de los resultados obtenidos se presentan a continuación.

En la Avenida Sucre, en el sentido de circulación oeste-este, la concentración de CO en el interior del vehículo se mantuvo entre 59 y 76 p.p.m. en el intervalo 7:00 a.m. a 7:15 a.m. Como característica fundamental se anotó el congestionamiento del tráfico de vehículos en diversos tramos de esta avenida. Entre las Esquinas Miraflores y Urapal, de la Avenida Urdaneta, el rango de variación de la concentración de CO fue de 70 a 88 p.p.m. en el intervalo 7:15 a.m. a 7:25 a.m. En la Avenida Andrés Bello, entre las Esquinas Urapal e Iglesia la Chiquinquirá, el rango de variación fue de 58 a 74 p.p.m. de CO en el intervalo 7:25 a.m. a 7:35 a.m.

En sentido contrario, este-oeste, el rango de variación de la concentración de CO fue de 56 a 100 p.p.m. entre la Iglesia la Chiquinquirá y la esquina cruce de la Avenida Sucre con la Calle Colombia, en el intervalo 7:35 a.m. a 8:00 a.m. En relación con el flujo oeste-este, se observó menor congestionamiento del tráfico de vehículos automotores.

Este ciclo fue repetido hasta las 12:00 m. completándose cuatro veces la ruta oeste-este e igual número de veces la ruta este-oeste. La menor concentración encontrada para una muestra de aire fue de 13 p.p.m. de CO, en el trayecto comprendido entre la Iglesia La Chiquinquirá y el cruce de la Avenida Andrés Bello con la Avenida Las Palmas, entre las 11:20 a.m. y 11:25 a.m. en el sentido este-oeste. La mayor concentración se encontró en la Avenida Sucre, a la altura de Materiales Mendoza a las 12:00 m. en el sentido este-oeste. En este caso, el tránsito estaba muy congestionado y la concentración encontrada fue de 90 p.p.m. de CO. Con la excepción de la muestra que dio una concentración de 13 p.p.m. todas las otras, veintitres en total, dieron valores superiores a 45 p.p.m. de CO. Bajo condiciones de tráfico de vehículos automotores, clasificado como congestionado, la concentración interna en el vehículo fue superior a 66 p.p.m.

El muestreo se repitió en el intervalo de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. durante el cual, la ruta en ambos sentidos se completó dos veces en tres horas. En horas de la mañana esta misma ruta había sido cubierta dos veces en dos y

media horas. La menor concentración de CO se encontró en el trayecto Iglesia La Chiquinquirá y cruce de la Avenida Andrés Bello con la Avenida Las Palmas. Esta fue de 26 p.p.m. a las 4:00 p.m. en el sentido este-oeste. Bajo condiciones de tráfico congestionado, la concentración de CO en el interior del vehículo, a similitud de las horas de la mañana, fue de 66 p.p.m. La máxima concentración encontrada bajo estas condiciones ocurrió entre las Esquinas Las Ibarras y Veroes, sentido este-oeste a las 5:15 p.m. Una hora antes, entre la Plaza de España y la Esquina Las Ibarras, sentido este-oeste, la concentración de CO fue superior a 100 p.p.m.

La repetición de este tipo de muestreo se realizó en un día domingo con condiciones de tránsito de vehículos caracterizado por una buena fluidez. En estas condiciones, la concentración de CO en el interior del vehículo alcanzó un valor máximo de 48 p.p.m.

5.4.4 Condiciones de tránsito de vehículos automotores en el valle de Caracas.

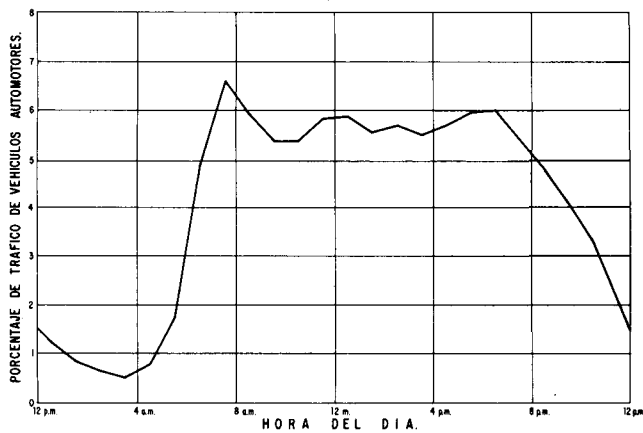
El número de vehículos en circulación por día es difícil de precisar. La matrícula anual es una orientación aunque no es exactamente comparable con los vehículos en circulación en un momento específico. Todos los vehículos matriculados no se encuentran circulando al mismo tiempo. Es obvio que el conteo de vehículos en circulación en un momento dado requiere de una red de conteo relativamente costosa por la cantidad de recursos necesarios para garantizar, dentro de las limitaciones prácticas del caso, una "fotografía" instantánea que permitiese la visualización del número de vehículos en circulación. En este caso las estimaciones representan medios insustituibles para definir criterios al respecto.

Con la información correspondiente a la circulación de vehículos automotores en el valle de Caracas, obtenida del Departamento de Tránsito de la Oficina Ministerial de Transporte, se ha representado en la Figura 49 la curva de porcentaje de tráfico de vehículos automotores en el valle de Caracas según la hora del día. Así mismo, en la Figura 50 se presenta la variación del tráfico de vehículos automotores según el día de la semana, de lunes a sábado, en relación con el volumen de tráfico del día lunes.

5.4.4.1 Distribución porcentual de vehículos en circulación.

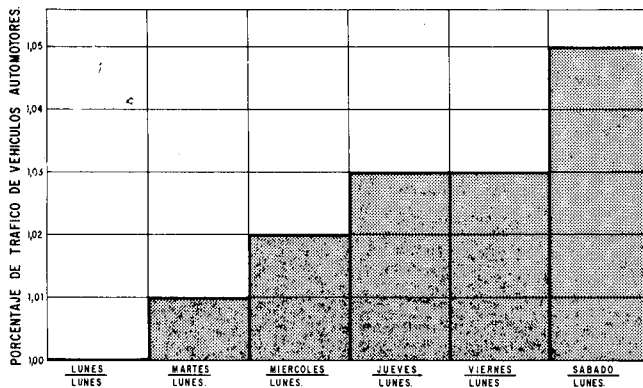
La distribución porcentual de vehículos automotores en el valle de Caracas se determinó por medio de un pro-

Figura 49



Porcentajes de tráfico de vehículos automotores según la hora del día en relación con el número total de vehículos que circulan en 24 horas en el casco central de Caracas.

Figura 50



Variación del tráfico de vehículos automotores en el casco central de Caracas durante los días lunes a sábado en relación con el volumen de tráfico del día lunes.

ceso de conteo directo, calificándolos por su uso como carros particulares, autobuses, carros de alquiler ("taxis" y "por puesto"), camiones y motocicletas. Dada la dificultad para el conteo de las motocicletas, a los fines de la evaluación, se excluyó a este grupo. Tal como se indicara en el Capítulo 4 la evaluación se realizó en las principales avenidas del valle de Caracas, haciendo énfasis en el casco central de la ciudad, en los tres intervalos reiteradamente mencionados de 7:30 a.m. a 9:30 a.m.; 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. durante períodos variables de 1 a 7 días por avenida.

Para una muestra de 173.215 vehículos en circulación, se determina que 108.955 son de uso particular; 12.145 son autobuses; 18.219 son "por puesto"; 20.391 son "taxis" y 13.505 son vehículos de carga. Porcentualmente estas cifras corresponden al 63%; 7%; 10%; 12% y 8% respectivamente. La distribución para cada una de las avenidas donde se realizó la evaluación se presenta en los parágrafos siguientes.

A) Avenida Lecuna.

En la Avenida Lecuna, con cuatro canales de circulación de vehículos en el sentido oeste-este se contaron 23.679 vehículos en circulación, acumulados en tres días durante los tres intervalos considerados en la evaluación. De éstos, 15.400 son de uso particular; 3.055 son autobuses; 816 son carros "por puesto"; 2.675 son "taxis" y 1.733 son vehículos de carga. Porcentualmente, estas cifras corresponden al 65%; 13%; 4%; 12%; 8% respectivamente, del total de vehículos en circulación.

B) Avenida Andrés Bello.

La Avenida Andrés Bello cuenta con seis canales de circulación, tres en cada sentido, este-oeste y oeste-este. Durante la evaluación hecha durante un día en dos intervalos, de 7:30 a.m. a 9:30 a.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m., se contó un total de 10.150 vehículos en circulación. De éstos, 5.851 son de uso particular; 424 son autobuses; 2.111 son carros "por puesto"; 1.307 son "taxis" y 427 son vehículos de carga. Estas cifras corresponden al 58%; 4%; 21%; 13% y 3%, respectivamente, de los vehículos en circulación por esta avenida durante los intervalos citados.

C) Avenida Sucre (Catia).

El número de canales de circulación de vehículos es seis, tres para cada uno de los sentidos. Para un período de un día, se determinó un volumen total de 8.064 vehículos. De éstos, 4.732 son de uso particular; 491 son autobuses; 1.324 son carros "por puesto"; 627 son "taxis" y 890 son vehículos de carga. Estas cifras representan el 59%; 6%; 16%; 8% y 11%, respectivamente, de los vehículos en circulación por esta avenida, durante los tres intervalos definidos.

D) Avenida San Martín.

La circulación de vehículos para los tres intervalos durante cuatro días de evaluación permitió definir una circulación de 12.743 vehículos por los seis canales, tres en cada sentido, según la distribución siguiente: 7.839 (62%) carros de uso particular; 1.158 (9%) autobuses; 2.056 (16%) carros "por puesto"; 1.334 (11%) "taxis" y 356 (3%) vehículos de carga.

E) Avenida Universidad.

En la Avenida Universidad, con cuatro canales de circulación de vehículos en el sentido este-oeste se determinó un total de 58.688 vehículos en circulación, acumulados en siete días de evaluación en dos intervalos, de 7:30 a.m. a 9:30 a.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. De éstos, 41.834 (72%) son de uso particular; 3.184 (6%) son autobuses; 813 (1,5%) son carros "por puesto"; 7.714 (13,5%) son "taxis" y 5.143 (9%) son vehículos de carga.

F) *Avenida Urdaneta.*

El número de canales de circulación de vehículos es seis, tres en cada sentido oeste-este y este-oeste. Para un período de cinco días de evaluación, durante los tres intervalos definidos por día se determinó un volumen total de 29.678 vehículos. De éstos, 14.678 (50%) son de uso particular; 2.044 (7%) son autobuses; 6.822 (23%) son carros "por puesto"; 4.228 (14%) son "taxis" y 1.906 (6%) son vehículos de carga.

G) *Avenida Baralt.*

El número de canales de circulación de vehículos es de tres por cada sentido, sur-norte y norte-sur, para un total de seis. En un período de seis días de evaluación, durante los tres intervalos definidos por día, se determinó la siguiente distribución; 13.723 (57%) carros de uso particular; 1.670 (8%) autobuses; 3.954 (16%) carros "por puesto"; 2.185 (8%) "taxis"; y 2.664 (11%) vehículos de carga. El total de vehículos en circulación, durante los seis días en los tres intervalos citados por día, es 24.196.

H) *Avenida Fuerzas Armadas.*

La evaluación realizada en la Avenida Fuerzas Armadas comprendió tres de los seis canales de circulación de vehículos. El conteo de vehículos se realizó durante dos días para un intervalo, 3:30 p.m. a 6:30 p.m., en el sentido de circulación de vehículos sur-norte. Se determinó la siguiente distribución acumulada: 4.898 (82%) vehículos de uso particular; 119 (2%) autobuses; 323 (5%) carros "por puesto"; 321 (5%) "taxis" y 356 (6%) vehículos de carga.

5.4.4.2 *Ocupación de los vehículos de uso particular.*

El número de pasajeros en los vehículos de uso particular se determinó por conteo y observación directa como se indicara en el Capítulo 4. Este conteo se realizó en las principales avenidas del valle de Caracas con especial énfasis en las situadas dentro del casco central, tal como se le definiese en el Capítulo 4. El conteo se realizó en los períodos de tiempo comprendidos entre evaluaciones específicas de otros parámetros de interés a los fines del Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas.

Sobre una muestra de 159.061 vehículos de uso particular, la ocupación promedio por vehículos es de 1,6 personas. En la evaluación se observa que el 58% de los vehículos de uso particular circulan con el conductor exclusivamente. Así mismo, el 32% lo hace con el conductor y un acompañante; el 6,3% con tres personas en el interior del vehículo; 2% con cuatro personas y 1,7% con cinco o más personas. Esta distribución corresponde a la ocupación de los vehículos de uso particular durante los tres intervalos, comprendidos entre las 7:00 a.m. y

7:00 p.m., definidos para realizar las evaluaciones de las condiciones de circulación en el valle de Caracas.

La variación del uso en las diferentes avenidas seleccionadas se encuentra dentro de rangos que no modifican la distribución indicada en el párrafo anterior. Así en la Avenida Urdaneta se obtiene el máximo porcentaje de vehículos ocupados por una persona. Este es 62%. En la Avenida Fuerzas Armadas se obtiene el valor del 53% para el mismo caso. En las Avenidas Baralt y Lecuna la ocupación por una persona es 60%; y 59% en las avenidas Andrés Bello y Universidad. En la Avenida San Martín este valor desciende a 56%. En la Avenida Sucre el porcentaje de vehículos de uso particular con un ocupante es 61%.

En general, la ocupación de un vehículo por un individuo alcanza su mayor promedio en el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m., alcanzándose valores de hasta el 67%, caso de la Avenida Lecuna. En el intervalo 11:30 a.m. a 1:30 p.m. se observa una considerable oscilación entre el 56% y el 60%. En situaciones aisladas, poco frecuentes, este valor desciende hasta el 40%. En el otro extremo, ocupación del vehículo por cinco o seis personas, el valor más alto se obtiene para la Avenida Baralt. En ésta se alcanza el 3% de circulación de vehículos particulares ocupados por el citado número de personas.

5.4.4.3 *Velocidad promedio de los autobuses.*

La determinación de la velocidad promedio de los autobuses se realizó de acuerdo a la descripción hecha en el Capítulo 4. Esta actividad se desarrolló por 33 días efectivos de trabajo, en los intervalos de tiempo seleccionados entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m., durante el período octubre-noviembre de 1976.

La velocidad promedio es 11,0 k.p.h. (kilómetros por hora) en el casco central de Caracas y sus áreas adyacentes, representadas por las avenidas Fuerzas Armadas, San Martín y Andrés Bello. Las determinaciones por avenida se presentan a continuación.

A) *Avenida Lecuna.*

En el sector comprendido entre la Esquina Angelito y el Parque Central se determinó una velocidad promedio de 10,9 k.p.h. La muestra de estudio se representa por 1.249 autobuses en circulación, acumulada, durante los tres intervalos de 7:30 a.m. a 9:30 a.m.; 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m., durante cuatro días. Se destaca que esta avenida es de cuatro canales con sentido de circulación oeste-este.

B) *Avenida Universidad.*

La velocidad promedio es 10,8 k.p.h. en el tramo comprendido entre la Avenida Sur 23 y la Esquina Marcos Parra. La muestra de Estudio está representada por 753 autobuses acumulados durante cuatro días. El flujo de circulación es este-oeste con cuatro canales.

C) *Avenida Sucre.*

La velocidad promedio es 16,7 k.p.h. sobre la base de las determinaciones hechas en 265 autobuses. La determinación cubre los dos sentidos de circulación, este-oeste y oeste-este, en un total de seis canales a razón de tres por sentido de circulación.

D) *Avenida San Martín.*

La velocidad promedio es 12,5 k.p.h. en el tramo comprendido entre la Esquina Angelito y la intersección con la Avenida Morán. La determinación de esta velocidad promedio en seis canales de circulación, tres por sentido, se realizó en una muestra de 610 autobuses durante cuatro días en los intervalos considerados.

E) *Avenida Urdaneta.*

La velocidad promedio es 10,1 k.p.h. sobre la base de las determinaciones hechas en 1.783 autobuses en circulación, acumulada, en los intervalos seleccionados durante cinco días. En esta avenida el flujo de vehículos se realiza en dos sentidos, este-oeste y oeste-este.

F) *Avenida Andrés Bello.*

La velocidad promedio es 16,4 k.p.h. en el tramo comprendido entre la Avenida Vollmer y la Iglesia La Chiquinquirá. Este promedio corresponde a los dos sentidos de circulación. La muestra de autobuses corresponde a 358 unidades. Las determinaciones cubren un período de cinco días en los intervalos seleccionados.

G) *Avenida Baralt.*

La velocidad promedio es 10,2 k.p.h. en esta avenida. Las determinaciones cubren una muestra de 634 autobuses, acumulados, durante siete días con una circulación en dos sentidos, sur-norte y norte-sur.

H) *Avenida Fuerzas Armadas.*

La velocidad promedio es 13,0 k.p.h. en una muestra de 384 autobuses movilizados en los sentidos sur-norte y norte-sur durante dos días en los intervalos de 7:30 a.m. a 9:30 a.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m.

5.4.4.4 *Velocidad promedio de los vehículos particulares.*

Para obtener la velocidad promedio de los vehículos particulares se procedió en la forma indicada en el Capítulo 4. Esta evaluación se realizó en 21 avenidas las cuales se recorrieron durante los tres intervalos seleccionados entre 7:00 a.m. y 7:00 p.m.

En el Cuadro 15 se presentan los resultados, de velocidades promedios para cada una de las avenidas del

Cuadro 15

A VENIDAS Y CALLES	NUMERO DE CANALES	NUMERO DE VEHICULOS POR HORA Y POR CANAL	VELOCIDAD PROMEDIO. k.p.h.	EMISIONES ESTIMADAS DE CO kg/h	CONCENTRACION PROMEDIO POR HORA DE CO p.p.m.
OESTE 14	1	296	13,0	51,4	24
OESTE 12	1	339	8,0	83,2	24
LECURA	4	229	14,0	126,2	28
OESTE 8	3	403	10,0	161,3	28
OESTE 6	3	288	10,0	108,7	37
OESTE 4	4	281	8,0	217,2	33
OESTE 2	3	216	10,0	102,4	34
OESTE 0	3	93	10,0	28,0	23
URDANETA	6	309	9,0	308,1	35
BARALT	6	356	13,0	285,3	33
F. ARMADAS	6	564	12,0	479,8	37
NORTE 8	3	183	8,0	110,7	28
NORTE 4	3	281	11,0	128,8	28
NORTE 2	2	157	11,0	39,8	25
NORTE 0	2	160	8,0	54,3	29
NORTE 1	2	185	8,0	43,0	25
NORTE 3	2	187	8,0	73,9	31
NORTE 5	2	161	8,0	63,7	29
(Otras Avenidas) (Promedio)	-	450	16,0	356,5	37
T O T A L (Promedio)	-	270	10,0	2822,9	30

Flujo de vehículos, velocidades y concentraciones de CO promedios en las avenidas del valle de Caracas, con énfasis en las situadas en el casco central, durante 1976.

casco central de la ciudad y el promedio de otras avenidas que incluye las avenidas Páez, Roosevelt y Victoria. Se observa que la velocidad global promedio es de 10 k.p.h., siendo el valor máximo 14 k.p.h. en la Avenida Lecuna y el mínimo es 8 k.p.h., alcanzado en siete de las avenidas.

La velocidad global de circulación se determinó a través de la relación entre la distancia recorrida y el tiempo invertido en recorrerla e incluye, por consiguiente, el tiempo empleado en las paradas. Se pudo observar, que el mayor número de paradas ocurrieron en la Avenida Oeste 6 con un total de 26 paradas en 9,6 minutos. En este lapso, 3,8 minutos correspondieron al tiempo total de paradas. Esto significa que los vehículos se encontraban trabajando en mínimo durante el 39% del tiempo entre 3:30 p.m. y 4:00 p.m. Bajo estas condiciones las emisiones de contaminantes a la atmósfera se aumentan en forma significativa.

Es conveniente destacar que el mayor número de paradas en un período de tiempo dado no constituye el parámetro más representativo en este tipo de evaluación. Así, en la Avenida Norte 2, se hicieron 13 paradas en 9,7 minutos en el lapso comprendido de 4:00 a 4:30 p.m. En las paradas se invirtieron 7,1 minutos lo que representa un 72% del tiempo total. Se observa que para lapsos similares, en las avenidas Norte 0 y Norte 2, los tiempos invertidos en paradas se duplican para esta última en

relación con la primera. Sin embargo, el número de paradas en la Avenida Norte 0 duplica al número de paradas en la Avenida Norte 2.

Para los tres intervalos, 7:30 a.m. a 9:30 a.m.; 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y 3:30 p.m. a 6:30 p.m. el promedio global del tiempo invertido en "mínimo" está comprendido entre 32% y 52% del tiempo necesario para recorrer las principales avenidas del casco central de la ciudad. En las avenidas Universidad, Norte 4, Oeste 12 y Oeste 2 el tiempo de paradas está comprendido entre 44% y 48%. En las avenidas Urdaneta y Baralt, este tiempo es 42% y en las avenidas Fuerzas Armadas, Lecuna y Oeste 8, está comprendido entre 35% y 37%.

5.4.5 Ciclo de manejo.

La definición del ciclo de manejo se realizó tomando toda la información recogida para el cálculo de las velocidades promedios en cada una de las avenidas seleccionadas. Se recuerda que el ciclo de manejo está formado por las etapas cubiertas en el acto de conducción de un vehículo cuando se parte de una velocidad y se vuelve a la misma. Su duración es variable y depende del régimen de tráfico. De hecho, el ciclo de manejo cubre todos los modos de operación señalados en el Capítulo 2: inicio del ciclo en "mínimo" (velocidad cero), aceleración, marcha normal o de crucero, desaceleración y final en "mínimo".

En las figuras 51, 52 y 53 se presentan los ciclos de manejo típicos en el casco central de la ciudad en cada uno de los intervalos siguientes: de 7:30 a.m. a 9:30 a.m., 11:30 a.m. a 1:30 p.m. y de 3:30 p.m. a 6:30 p.m. En estas figuras se observa que los pasos de una velocidad a otra determinan de 11 a 13 variaciones en la forma de conducir el vehículo. La duración del ciclo varía entre 60 y 75 segundos, correspondiendo el máximo valor al intervalo 3:30 p.m. a 6:30 p.m. La velocidad media en cada uno de estos ciclos de manejo no corresponde a la velocidad promedio de circulación definida en parágrafos anteriores de este Capítulo. Ello es obvio si se toma en consideración que la velocidad promedio incluye el tiempo de paradas, en tanto que la velocidad media durante este ciclo lo excluye.

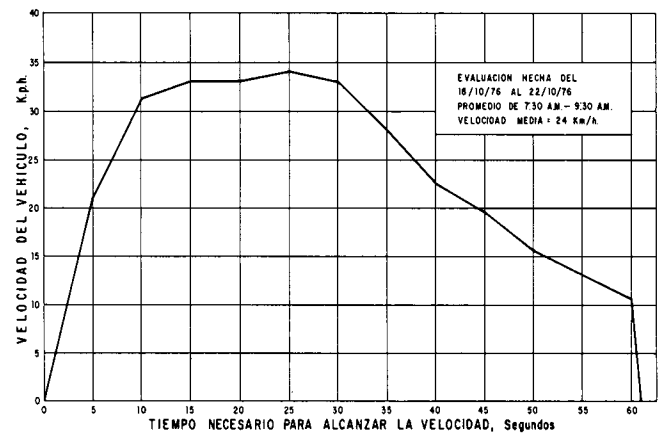
5.4.6 Condiciones de mantenimiento de los vehículos.

El estudio de las condiciones de mantenimiento de los vehículos automotores se realizó para los autobuses y vehículos, principalmente de uso particular, conforme al método descrito en el Capítulo 4. Los resultados correspondientes se presentan en los parágrafos siguientes.

5.4.6.1 Autobuses.

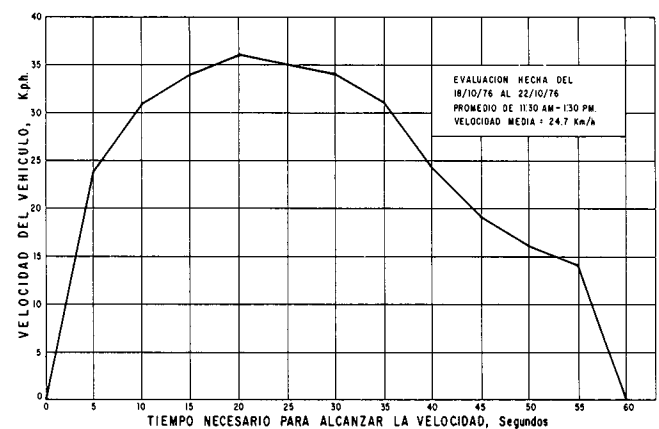
Las condiciones de mantenimiento de los autobuses, medida en función de los parámetros mencionados en el Capítulo 4 se resume en los siguientes términos:

Figura 51



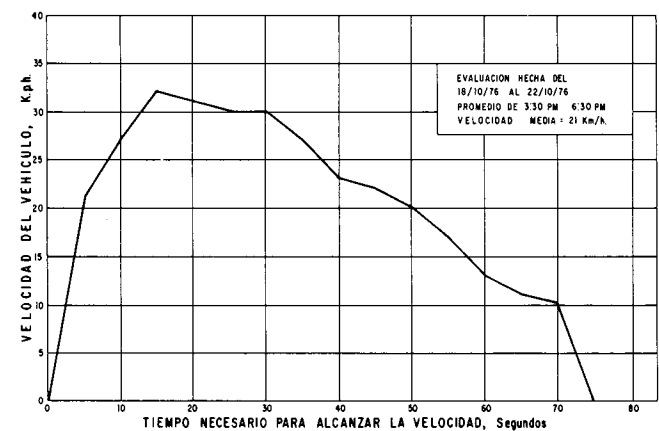
Ciclo de manejo típico en el casco central de Caracas en el intervalo 7:30 a.m. a 9:30 a.m.

Figura 52



Ciclo de manejo típico en el casco central de Caracas en el intervalo 11:30 a.m. a 1:30 p.m.

Figura 53



Ciclo de manejo típico en el casco central de Caracas en el intervalo 3:30 p.m. a 6:30 p.m.

A) *Índice de oscurecimiento.*

El índice de oscurecimiento, en un total de 1.605 autobuses evaluados, tiene un promedio ponderado equivalente a 3 en la escala Ringhelman. En la evaluación se incluyeron 13 marcas comerciales y dentro de ellas los modelos de mayor circulación. Cuantitativamente, se evaluaron 588 autobuses Reo; 414 Mercedes Benz; 226 Blue Bird; 162 Ikarus; 152 Leyland; 25 Marco Polo; 10 Man; 10 Mack; 9 Ford; 4 Titan; 3 Maure; 1 Waritch y 1 Volvo. En relación con el índice de oscurecimiento, las peores condiciones fueron obtenidas en los 4 autobuses Titan con un promedio ponderado equivalente a 4 en la escala Ringhelman. Las mejores condiciones, aunque ellas no puedan considerarse como las deseables, se obtuvieron para los grupos Blue Bird, Mercedes Benz, Volvo, Ford, Marco Polo y Maure con un promedio ponderado equivalente a 2 en la escala Ringhelman. El resto de las unidades alcanza a un promedio ponderado equivalente a 3 en la escala Ringhelman.

B) *Emisiones de CO.*

Las emisiones de CO a través del tubo de escape se encuentran comprendidas en el rango 0,01% a 0,20% de CO, en un total de 142 autobuses investigados. En este rango, el 25% de los autobuses emiten concentraciones de CO menores a 0,05%. Así mismo, el 30% de los autobuses emiten concentraciones de CO entre 0,06% y 0,10%. De lo expuesto, se obtiene que el 55% de los autobuses emiten concentraciones de CO comprendidas entre 0,01% y 0,10%.

C) *Consumo de combustible.*

En la evaluación exhaustiva realizada en una muestra de 20 autobuses se determinó que el mayor rendimiento, medido en kilómetros recorridos por litro de combustible Diesel consumido, corresponde a las unidades Mercedes Benz con 2,7 km/lit y el menor a las unidades Ikarus con 1,6 kms/lit. Sin embargo, se destaca el hecho de que las unidades Mercedes Benz por lo general prestan sus servicios en rutas inter-urbanas, disminuyendo apreciablemente el número de paradas y arranques. En el servicio urbano exclusivamente, el rango de rendimiento se encuentra entre 1,6 kms/lit y 1,9 kms/lit.

5.4.6.2 *Automóviles.*

De acuerdo a la descripción general del método empleado que se hiciese en el Capítulo 4, la investigación sobre las condiciones de mantenimiento de los automóviles, principalmente de uso particular, se realizó en un total de 176 vehículos de diferentes marcas y modelos.

Del total de 176 vehículos, se hicieron 30 evaluaciones en "frío" y 176 en "caliente". Las evaluaciones en "frío" indican que 14 (46,6%) emiten concentraciones de CO iguales o superiores al 9%. Sólo 8 (26,6%) emi-

ten concentraciones que pudieran considerarse aceptables para vehículos sin dispositivos de control: 2% a 3%. Al considerar la evaluación en caliente se observa que 77 (43,7%) vehículos emiten concentraciones de CO iguales o superiores al 7%. Apenas 25 (14,2%) emiten las concentraciones ya mencionadas, consideradas como aceptables para vehículos sin dispositivos de control. Si se consideran en forma individual el año y el modelo del vehículo se observa que modelos de diferentes marcas y años, desde 1975 a la fecha, emiten concentraciones de CO en el rango más elevado, 6% o más. No se observan diferencias apreciables entre las marcas de los vehículos estudiados, que corresponden a la distribución normal de los vehículos en circulación en el valle de Caracas.

5.4.7 *Consumo de combustible.*

El consumo de combustible por los vehículos automotores se determinó de acuerdo al procedimiento descrito en el Capítulo 4. En el valle de Caracas se encuestaron 160 estaciones de servicio. Durante el año 1976 y primer trimestre de 1977 se obtiene un promedio de ventas por día de 3.313.536 litros de combustible, de los cuales aproximadamente 8.000 litros se pierden por evaporación y derrames en el llenado de los tanques de gasolina de los automóviles. El crecimiento de la venta inter-anual, de acuerdo a los datos estadísticos en el renglón de combustibles refinados, se estima entre el 5% y el 10%.

5.4.8 *Ruido.*

Las mediciones de ruido en las diversas áreas definidas en el Capítulo 4, se realizaron entre julio y diciembre de 1977. Se efectuó un total de 13.952 lecturas de ruido distribuidas en la forma siguiente: 5.497 lecturas en el casco central; 3.830 lecturas en las avenidas de la Zona Metropolitana conforme a la relación del Capítulo 4; 1.289 lecturas en las urbanizaciones situadas en los alrededores de la Base Aérea "General Francisco de Miranda" y 3.336 lecturas en la Avenida Boyacá.

5.4.8.1 *Casco central y avenidas de la Zona Metropolitana de Caracas.*

En general, se observan valores significativos en las 9.327 lecturas correspondientes al casco central y avenidas de la Zona Metropolitana de Caracas con marcado predominio de actividades comerciales. Los niveles de intensidad del ruido, medido en dB-A, indican que 6.876 lecturas se encuentran entre 71 dB-A y 82 dB-A. Del mismo modo, 1.243 lecturas se encuentran entre 83 dB-A y 91 dB-A. Por consiguiente, 8.119 lecturas se encuentran entre 71 dB-A y 91 dB-A. Estas representan el 87,5% del total de las 9.327 lecturas realizadas en las dos áreas de estudio mencionadas. Los valores inferiores a 71 dB-A se obtuvieron en el rango de 56 a 70 dB-A para un total de 1.057 lecturas, que representan el 11,2% de las 9.327 lecturas. El 1,3% de las mediciones se encontró entre 92 dB-A y 111 dB-A.

Es evidente que la percepción del ruido es bastante significativa si se toma en consideración que la respuesta auditiva a una diferencia de 3 dB-A es equivalente a la respuesta que se tiene al ruido cuando dos fuentes de ruido, de igual intensidad, se colocan una al lado de la otra. Intuitivamente, una duplicación de la intensidad del ruido determina un aumento en la respuesta auditiva equivalente a un nivel de intensidad de 3 dB-A en relación con el de una fuente.

Los valores citados comprueban el hecho intuitivo de considerar a la ciudad de Caracas como una de las más ruidosas del mundo. El promedio general del nivel de intensidad de ruido es 78 dB-A en el casco central y avenidas de la Zona Metropolitana de Caracas donde hay marcado predominio de actividades comerciales.

5.4.8.2 Base Aérea "General Francisco de Miranda" y sus alrededores.

El estudio sobre ruido se realizó en las áreas mencionadas en el Capítulo 4. En las zonas próximas al aeropuerto, representadas por la Urbanización Chuao y la Autopista del Este, se tomaron lecturas de ruido de 7:00 a.m. a 9:00 a.m. y de 4:00 p.m. a 6:00 p.m., horas en las cuales despegan y aterrizan la mayoría de los aviones y avionetas.

El promedio del nivel de intensidad del ruido en las áreas vecinas al aeropuerto es de 79 dB-A, que coincide con el promedio obtenido en el casco central y avenidas de la Zona Metropolitana de Caracas según la relación hecha en párrafos anteriores. Sin embargo, se observan "saltos" bruscos en las lecturas cuando se produce el despegue y aterrizaje de los aviones, normalmente entre los valores 88 dB-A y 91 dB-A. Esto representa un aumento comprendido entre 9 y 12 dB-A en relación con el promedio de 79 dB-A.

En la Autopista del Este, dada la ubicación del punto de medición en el Centro Comercial Tamanaco relativamente distante de los canales de circulación de vehículos, el promedio general es de 71 dB-A. Las lecturas instantáneas "saltan" bruscamente cuando se produce el aterrizaje de un avión o avioneta. Se alcanzan valores comprendidos entre 79 dB-A y 82 dB-A. Esto representa un aumento de 8 a 11 dB-A en relación con el promedio de 71 dB-A para este punto.

En la Urbanización Caurimare se hicieron mediciones de ruido de 7:00 a.m. a 9:00 a.m. y de 4:00 p.m. a 6:00 p.m. durante dos días: lunes y sábado. En ésta, el promedio del nivel de intensidad del ruido se determinó de 72 dB-A. Particularmente, en esta zona se puede diferenciar con mayor facilidad, comparando con las dos zonas anteriores, el ruido proveniente del tráfico de vehículos automotores del respectivo de un avión. Los "saltos" por esta razón llegan hasta 93 dB-A. Ello significa un aumento de 21 dB-A en relación con el promedio de 72 dB-A que se alcanza para la zona. En condiciones de

poca circulación de vehículos en el área de estudio, el valor del nivel de intensidad del ruido desciende hasta 48 dB-A.

En la Urbanización Macaracuay, se determinó el promedio del nivel de intensidad del ruido de 71 dB-A. El aumento de este nivel alcanza a 19 dB-A cuando pasa un avión sobre la zona de estudio. Este aumento es inferior al que se observa para la Urbanización Caurimare; pero evidentemente ello se debe a la mayor altura alcanzada por los aviones sobre la Urbanización Macaracuay. En la práctica, los "saltos" en el nivel de intensidad del ruido determinan reacciones similares para los pobladores de dichas urbanizaciones.

En la Urbanización California Norte se determinó un promedio del nivel de intensidad de ruido de 67 dB-A. Los "saltos" en este nivel son bastante acentuados cuando pasa un avión sobre la zona. En estas determinaciones se alcanzó un máximo de 96 dB-A. Por consiguiente la diferencia, en relación con el valor promedio de 67 dB-A, es 29 dB-A.

Durante el día sábado, el 33% de las lecturas están relacionadas con el tráfico de aviones. Este porcentaje desciende al 12% el día lunes. Ambos porcentajes se ajustaron para igual número de lecturas por día: 242.

El promedio global para estas cinco áreas de estudio es de 76 dB-A. Este valor es inferior, si se compara con el alcanzado en el casco central y áreas de actividad comercial intensa en las avenidas de la Zona Metropolitana de Caracas, aunque no en forma significativa. La diferencia de los promedios es de 2 dB-A. La influencia de las operaciones del aeropuerto "General Francisco de Miranda" es indiscutible en el aumento brusco que se observa en las lecturas hechas del nivel de intensidad del ruido.

5.4.8.3 Avenida Boyacá.

Se hicieron 3.336 lecturas de ruido en la Avenida Boyacá. De estas lecturas, realizadas durante las horas de mayor densidad de tráfico de vehículos automotores, el 73% se encuentran comprendidas entre 68 dB-A y 88 dB-A. Los valores superiores a 82 dB-A se presentan cuando circula una o más motocicletas en las proximidades del punto de medición. Las lecturas sobre 82 dB-A representan el 18% del total de las mediciones realizadas. El valor máximo alcanzado fue de 112 dB-A y el mínimo de 59 dB-A.

El 67% de las lecturas de ruido se encuentra entre 71 dB-A y 82 dB-A. Las mediciones se realizaron bajo condiciones de tráfico de vehículos automotores caracterizadas por un flujo promedio de 2.543 automóviles por hora a lo largo de la avenida. Este flujo corresponde al total de circulación en ambos sentidos: este-oeste y oeste-este. El flujo de motocicletas, bajo las mismas condiciones, se determinó en 66 motos/hora.

El promedio global, en el nivel de intensidad de ruido, a lo largo de toda la Avenida Boyacá, es 77 dB-A.

5.4.9 Métodos de control de las emisiones de contaminantes de la atmósfera en los vehículos ensamblados en el país.

Se procedió en la forma descrita en el Capítulo 4 para la evaluación de las condiciones existentes en el país para el control de las emisiones de contaminantes por iniciativa de la industria automotriz. Se destaca la gran receptividad de los entrevistados en cada una de las ensambladoras nacionales. Este hecho facilitó el obtener toda la información necesaria a los fines de esta investigación.

Por razones obvias se omiten los nombres de las ensambladoras, así como también de los entrevistados. En lo sucesivo, las ensambladoras se identificarán con las letras A, B, C y D, correspondientes a las cuatro empresas de mayor producción local.

La ensambladora A ensambla sus vehículos automotores con los mismos motores fabricados en su país de origen. Se incluyen los dispositivos de control adaptados al modelo de motor que generalmente tiene, en nuestro país, dos años de atraso con respecto a su uso en el país de origen. Los dispositivos incorporados vienen calibrados y no se les hace ninguna modificación. Sin embargo, no se miden las emisiones en las distintas fuentes del vehículo. Debido a las características del combustible empleado en el país, el uso de los convertidores catalíticos se excluye en el ensamblaje de los vehículos.

La ensambladora B recibe los motores de dos países diferentes. Los dispositivos de control vienen incorporados de acuerdo a las regulaciones del país de procedencia. A similitud de la ensambladora A, no se realiza ningún tipo de evaluación de estos dispositivos. El desfase en tiempo de los motores utilizados en el país, en relación con el país de procedencia, puede alcanzar hasta cuatro años.

La ensambladora C recibe los motores de dos países diferentes y los dispositivos de control vienen incorporados en algunos casos según las regulaciones del país de procedencia. Sin embargo, se observa que la incorporación de estos dispositivos es muy limitada en relación con los dos casos previos. El bloqueo o inutilización de las piezas, para instalación de dispositivos de control de las emisiones de contaminantes, fue determinada en la visita realizada a la planta ensambladora.

La ensambladora D, tiene su línea de ensamblaje derivada de los países europeos. Los motores vienen del país de origen sin ningún tipo de prevención para el control de la emisión de contaminantes a la atmósfera.

Es interesante destacar que el uso de los motores que vienen de otros países, de hecho introduce un atraso en las técnicas de control de las emisiones en relación con la más reciente aplicada en los países de origen. En el caso del uso de las técnicas o dispositivos de control, existentes en los países de origen de los motores, no se puede garantizar su efectividad debido a que no existe interés en los talleres de los concesionarios autorizados para el mantenimiento de estos dispositivos, salvo que afecten el funcio-

namiento normal del motor. Sin embargo, en este último caso, se aconseja a los usuarios en el sentido de remover estos dispositivos, aduciendo que le restan potencia al motor o causan problemas serios para la reparación del vehículo.

5.5 CONDICIONES FUTURAS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE CARACAS.

La proyección del problema de la contaminación atmosférica es fundamental para definir alternativas de control. Conforme se mencionó en el Capítulo 4, se utilizaron para hacer la proyección la información que resulta de la evaluación directa de las condiciones existentes y la que proviene de otras fuentes de información estadística relacionadas con el problema del transporte en la ciudad de Caracas. Esta última se particulariza para el control de la contaminación atmosférica producida por los vehículos automotores debido a su considerable magnitud cuando se la compara con las otras fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos. Sin embargo, deben tomarse en cuenta los comentarios que se hiciesen en el Capítulo 3 con relación a las fuentes fijas. La menor descarga de contaminantes en cantidad, por las fuentes fijas, no permite desestimar su control en virtud de la calidad de sus efluentes. En particular, el mayor énfasis para el control de los vehículos automotores se hace en los aspectos de contaminación atmosférica por el CO. Sin embargo, se presentan las proyecciones para otros contaminantes.

5.5.1 Matriculación de vehículos.

La matrícula anual es una orientación para hacer estimaciones acerca de la circulación de vehículos. Para ello es necesario definir las hipótesis más consonas con la realidad del tráfico de vehículos en el área de estudio. La definición de estas hipótesis resulta compleja en muchos casos. Así, el conteo de vehículos en forma directa se hace casi obligatorio. Por otra parte, el conteo de vehículos en circulación en un momento dado requiere de una red de numerosas estaciones o "puntos de conteo" para garantizar una "fotografía" instantánea. Sólo ésta permite la visualización del número de vehículos en circulación en un momento específico, dentro de las limitaciones prácticas del caso.

Debido a la cantidad apreciable de recursos a ser utilizados simultáneamente para obtener la información que permita la preparación de esta "fotografía", la matrícula anual se utiliza como una aproximación para hacer las estimaciones del caso. Sin embargo, debe tenerse en mente que la matriculación anual no sustituye a las técnicas o métodos de trabajo donde se realice un conteo directo de los vehículos en circulación.

En general, la matrícula anual no es exactamente comparable con el número de vehículos en circulación a un mismo tiempo en un período corto. En un momento

dado, sólo una fracción del total de vehículos matriculados en una región se encuentran en circulación en esa región. Es obvio que vehículos matriculados en otras regiones circularán en la región en estudio así como una fracción los matriculados en esta última lo harán en otras regiones. Por consiguiente, para hacer las estimaciones más próximas a la realidad debe recurrirse a otros elementos de juicio, como por ejemplo, el consumo de combustible. Este se presenta en otros parágrafos siguientes, de este Capítulo.

Conforme a los datos estadísticos suministrados por el Departamento de Estadística de la Dirección de Tránsito Terrestre, el total de vehículos matriculados en el país era 407.694 en 1960. Quince años después, la matriculación se aumentó hasta 1.558.022 vehículos. De estos últimos, 918.450 corresponden a vehículos de uso particular; 36.701 a vehículos de alquiler ("taxis" y "por puesto"); 336.906 a vehículos de carga; 32.458 autobuses; 93.402 motocicletas y 140.105 vehículos de tracción de sangre (bicicletas). En consecuencia, 1.417.917 vehículos automotores estaban matriculados en el país para 1975. En la Zona Metropolitana de Caracas, la matriculación de este tipo de vehículos alcanzó a 402.068. De éstos, 301.890 son automóviles de uso particular; 11.865 son vehículos de "alquiler"; 52.204 son vehículos de carga; 9.850 autobuses y 28.420 motocicletas. La cifra total de vehículos matriculados en la Zona Metropolitana representa el 28,3% del número total de vehículos automotores matriculados en el país para ese mismo año.

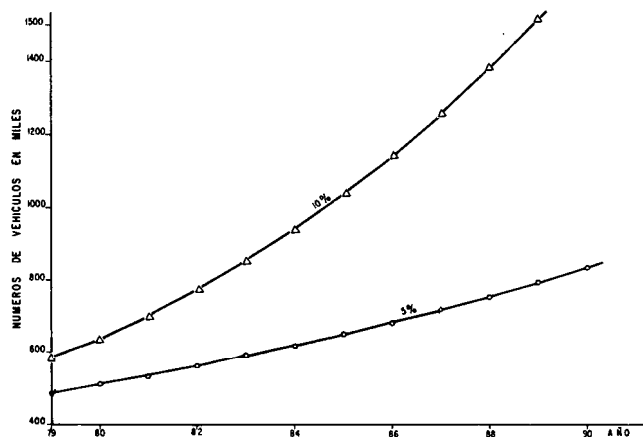
La tasa de aumento del número de vehículos matriculados está entre el 5% y el 10% a partir de 1960. Predominan las cifras próximas al 10%. Salvo que se presenten condiciones excepcionales, la tasa de crecimiento interanual se estima que continuará variando de la misma manera. La presencia de esas condiciones excepcionales no son previsibles a la luz del nivel de desarrollo económico que se está alcanzando en el país en los momentos actuales.

5.5.2 Proyección de las concentraciones de CO.

Sobre la base de una matriculación de 600.000 vehículos, aproximadamente, en la Zona Metropolitana de Caracas en 1978 y una tasa de aumento alrededor del 10% en la matriculación de vehículos, se estima que en 1988 la matriculación total alcanzará a 1.400.000 vehículos. En años intermedios, las cifras serán de 800.000 para 1982; 900.000 en 1983; 1.100.000 en 1985 y 1.200.000 en 1986. En la Figura 54 se presenta el número de vehículos matriculados sobre las estimaciones de 5% y 10% de aumento interanual a partir de la información disponible hasta 1975. Una de las características de esta estimación es la de que ella se ha calculado independientemente de cualquiera otra consideración relacionada con la capacidad de las vías de circulación en el valle de Caracas.

En este sentido es conveniente hacer algunas consideraciones. En los cuadros 16 y 17 se estiman los diferentes flujos de automóviles y capacidad de llenado en canales de circulación de un kilómetro de longitud. En el Cuadro 16 se observa que a la velocidad de 10 k.p.h. el máximo flujo de vehículos por hora es 1.250. A la velocidad de 30 k.p.h. el máximo flujo de vehículos es 1.818. En el Cuadro 17 se presentan las condiciones de llenado de un canal de 1 km. para diferentes flujos de vehículos. En el Cuadro 15 se presentan las condiciones que relacionan el flujo de vehículos, con la velocidad promedio y las concentraciones de CO determinadas en la evaluación efectuada en diferentes avenidas del valle de Caracas. Se observa que la concentración promedio por hora de CO en la Avenida Oeste 14 es 24 p.p.m. La velocidad promedio es de 13,0 k.p.h. y el flujo de vehículos por hora y por canal es 296. Para estas condiciones el porcentaje de llenado de la Avenida Oeste 14 es 22, según se determina en el Cuadro 17.

Figura 54



Número de vehículos en circulación en el valle de Caracas para aumentos interanuales de 5% y 10% durante el período 1979-1990.

Cuadro 16

VELOCIDAD		ESPACIO OCUPADO POR UN AUTOMOVIL m	NUMERO DE AUTOMOVILES EN UN CANAL DE 1 Km	TIEMPO NECESARIO PARA RECORRER EL CANAL seg	MAXIMO FLUJO DE AUTOMOVILES POR HORA
Kph	m /seg				
5	1,39	6,5	153,8	719	770
6	1,69	6,8	147,1	599	884
7	1,94	7,0	142,9	515	999
8	2,22	7,3	137,0	450	1096
9	2,50	7,6	131,6	400	1184
10	2,78	8,0	125,0	360	1250
11	3,06	8,4	119,0	327	1310
12	3,33	9,0	111,1	300	1333
14	3,89	9,7	103,1	257	1444
16	4,44	10,3	97,1	225	1554
18	5,00	11,6	86,2	200	1552
20	5,56	13,0	76,9	180	1538
22	6,17	13,7	73,0	162	1622
24	6,67	14,4	69,4	150	1666
26	7,22	15,1	66,2	139	1715
28	7,78	15,8	63,3	129	1767
30	8,33	16,5	60,6	120	1818
32	8,89	17,6	56,2	112	1806
35	9,72	18,8	53,2	103	1859
40	11,11	21,0	47,6	90	1904

Máximos flujos de vehículos a diferentes velocidades de circulación en canales ininterrumpidos de un kilómetro de longitud.

Cuadro 17

VELOCIDAD Kph	CIRCULACION DE VEHICULOS POR LA AVENIDA, VEHICULOS POR HORA																			
	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
5	0,20	0,26	0,33	0,39	0,46	0,52	0,59	0,65	0,72	0,78	0,91									
6	0,17	0,23	0,28	0,34	0,40	0,45	0,51	0,57	0,62	0,68	0,79	0,90								
7	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90							
8	0,14	0,18	0,23	0,27	0,32	0,37	0,41	0,46	0,50	0,55	0,64	0,73	0,82	0,91						
9	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,51	0,59	0,68	0,76	0,84	0,93					
10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96				
11	0,11	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,38	0,42	0,46	0,53	0,61	0,69	0,76	0,84	0,92	0,99			
12	0,11	0,15	0,19	0,23	0,26	0,30	0,34	0,38	0,41	0,45	0,53	0,60	0,68	0,75	0,83	0,90	0,98			
14	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35	0,38	0,42	0,48	0,55	0,62	0,69	0,76	0,83	0,90	0,97		
16	0,10	0,13	0,16	0,19	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,45	0,51	0,58	0,64	0,71	0,77	0,84	0,91	0,97	
18	0,10	0,13	0,16	0,19	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39	0,45	0,51	0,58	0,64	0,71	0,77	0,84	0,90	0,97	
20	0,10	0,13	0,16	0,20	0,23	0,26	0,29	0,33	0,36	0,39	0,46	0,52	0,59	0,65	0,72	0,78	0,85	0,91	0,98	
22	0,09	0,12	0,15	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	0,68	0,74	0,80	0,86	0,92	0,99
24	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90	0,96
26	0,09	0,12	0,15	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,41	0,47	0,52	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,87	0,93
28	0,08	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,40	0,45	0,51	0,57	0,62	0,68	0,74	0,79	0,85	0,91
30	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,28	0,30	0,33	0,39	0,44	0,50	0,55	0,61	0,66	0,72	0,77	0,83	0,88
32	0,08	0,11	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,28	0,30	0,33	0,39	0,44	0,50	0,55	0,61	0,66	0,72	0,78	0,83	0,89
35	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,38	0,43	0,48	0,54	0,59	0,65	0,70	0,75	0,81	0,86
40	0,08	0,11	0,13	0,16	0,18	0,21	0,24	0,26	0,29	0,31	0,37	0,42	0,47	0,52	0,58	0,63	0,68	0,74	0,79	0,84

Porcentajes de llenado para diferentes ratas de circulación de vehículos y velocidades en canales de un kilómetro de longitud y para tráfico de vehículos sin interrupciones en su ruta por el canal.

Cuadro 18

AVENIDAS Y CALLES	VELOCIDAD PROMEDIO Kph	PORCENTAJE DE LLENADO EN 1977	VALORES ESTIMADOS PARA 100% DE LLENADO A LA VELOCIDAD 0 Km/hr		CONCENTRACION ESTIMADA DE CO EN ppm A LA VELOCIDAD PROMEDIO DE LA AVENIDA PARA LOS PORCENTAJES DE LLENADO				
			EMISION DE CO Kg / hr	CONCENTRACION DE CO ppm	30 %	40 %	60 %	80 %	100 %
DESTE 14	13	22	382,4	193	35	47	71	95	118
DESTE 12	8	32	347,6	116	26	35	53	70	88
LECUNA	14	16	1211,8	307	60	80	120	160	200
DESTE 8	10	32	692,8	120	26	35	53	70	88
DESTE 6	10	23	670,4	247	52	70	104	139	174
DESTE 4	8	25	1042,9	182	46	61	91	122	152
DESTE 2	10	17	782,2	229	53	71	106	141	176
DESTE 0	10	8	417,2	238	60	80	120	160	200
URDANETA	9	25	1549,4	171	41	54	82	109	136
BARALT	13	25	1653,7	191	40	53	79	106	132
F.ARMADAS	12	42	1683,4	130	26	35	53	70	88
NORTE 8	8	16	804,5	203	53	70	105	140	175
NORTE 4	11	21	804,5	175	40	53	80	107	133
NORTE 2	11	11	437,0	275	68	91	136	182	227
NORTE 0	8	15	437,0	233	58	77	116	155	193
NORTE 1	8	17	352,6	205	44	59	88	118	147
NORTE 3	8	17	516,5	217	55	73	109	146	182
NORTE 5	8	16	516,5	235	54	73	109	145	181

Concentraciones estimadas de CO para diferentes porcentajes de llenado a las velocidades de circulación reales en avenidas del casco central de Caracas.

Cuadro 19

AVENIDAS Y CALLES.	ESTIMACION DE LAS EMISIONES, EN Kg/h, Y DE LAS CONCENTRACIONES EN LA ATMOSFERA, EN p.p.m., DE CO PARA DIFERENTES VELOCIDADES EN EL INTERVALO 7:00 AM A 7:00 PM.									
	16 KPH.		20 KPH.		24 KPH.		28 KPH.		32 KPH.	
	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración
DESTE 14	48,12	24	41,76	22	37,56	19	33,12	17	29,16	14
DESTE 12	50,16	17	43,56	14	39,12	13	34,44	12	30,36	10
LECUNA	117,96	30	102,48	26	92,16	23	81,12	20	71,42	18
DESTE 8	118,56	20	103,20	18	92,76	16	81,60	14	72,0	12
DESTE 6	82,20	30	71,30	26	64,20	24	56,52	20	49,80	18
DESTE 4	124,56	22	108,12	19	97,32	17	85,86	14	75,48	13
DESTE 2	71,88	22	62,42	18	56,16	17	49,42	14	43,56	13
DESTE 0	16,44	10	14,28	8	12,84	7	11,28	6	10,00	6
URDANETA	203,40	23	176,64	19	158,88	18	139,80	16	123,36	13
BARALT	250,32	29	217,56	25	193,80	23	172,08	20	151,80	18
F.ARMADAS	403,68	31	350,76	28	315,36	24	277,56	22	244,68	19
NORTE 8	62,76	16	54,48	13	48,96	12	43,08	11	38,04	10
NORTE 4	96,0	20	83,40	18	75,00	17	66,00	14	58,20	13
NORTE 2	35,04	18	25,32	16	22,68	14	20,04	12	17,64	11
NORTE 0	29,64	16	25,80	13	23,16	12	20,40	11	18,00	11
NORTE 1	27,72	16	24,12	14	21,72	13	19,08	11	16,80	10
NORTE 3	41,04	17	35,64	14	32,04	13	28,20	12	24,96	11
NORTE 5	35,40	16	30,72	14	27,60	12	24,36	11	21,48	10

Emisiones y concentraciones estimadas de CO para diferentes velocidades de circulación en avenidas del casco central de Caracas, para un aumento del 20% en el flujo de vehículos durante el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Cuadro 20

AVENIDAS Y CALLES.	ESTIMACION DE LAS EMISIONES, EN Kg/h, Y DE LAS CONCENTRACIONES EN LA ATMOSFERA, EN p.p.m., DE CO PARA DIFERENTES VELOCIDADES EN EL INTERVALO 7:00 AM A 7:00 PM.									
	16 KPH.		20 KPH.		24 KPH.		28 KPH.		32 KPH.	
	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración
DESTE 14	44,11	22	38,28	20	34,43	18	30,36	15	26,73	13
DESTE 12	45,98	15	40,0	13	35,86	12	31,27	11	27,83	9
LECUNA	108,13	28	94,0	24	84,48	21	74,36	19	65,56	17
DESTE 8	108,79	19	95,0	17	85,03	14	74,8	13	66,0	11
DESTE 6	75,31	28	65,0	24	58,85	22	51,81	19	45,65	17
DESTE 4	114,18	20	99,0	18	89,21	15	78,43	13	69,19	12
DESTE 2	65,89	20	57,20	17	51,48	15	45,32	13	39,93	12
DESTE 0	15,07	9	13,09	8	11,87	7	10,34	6	9,13	6
URDANETA	186,41	21	162,0	18	145,64	17	128,15	14	113,08	12
BARALT	229,43	26	199,43	23	177,65	21	157,74	19	139,15	17
F.ARMADAS	370,04	29	321,53	25	289,08	22	254,43	20	224,29	18
NORTE 8	17,53	14	50,0	12	44,88	11	39,49	10	34,87	9
NORTE 4	88,0	19	76,45	17	68,71	15	60,50	13	53,31	12
NORTE 2	26,62	17	23,21	14	20,79	13	18,37	11	16,17	10
NORTE 0	27,17	14	23,61	12	21,23	11	18,7	10	16,50	9
NORTE 1	25,41	14	22,11	13	19,91	12	17,49	10	15,4	9
NORTE 3	37,62	15	32,67	13	29,37	12	25,85	11	22,88	10
NORTE 5	32,45	14	28,16	13	25,3	11	22,33	10	19,69	9

Emisiones y concentraciones estimadas de CO para diferentes velocidades de circulación en avenidas del casco central de Caracas, para un aumento del 10% en el flujo de vehículos durante el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Cuadro 21

AVENIDAS Y CALLES.	ESTIMACION DE LAS EMISIONES, EN Kg/h, Y DE LAS CONCENTRACIONES EN LA ATMOSFERA, EN p.p.m., DE CO PARA DIFERENTES VELOCIDADES EN EL INTERVALO 7:00 AM A 7:00 PM.									
	16 KPH.		20 KPH.		24 KPH.		28 KPH.		32 KPH.	
	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración
DESTE 14	40,1	20	34,8	18	31,3	16	27,6	14	24,3	12
DESTE 12	41,8	14	36,3	12	32,6	11	28,7	10	25,3	8
LECUNA	98,3	25	85,4	22	76,8	19	67,6	17	59,6	15
DESTE 8	98,9	17	86,0	15	77,3	13	68,0	12	60,0	10
DESTE 6	68,5	25	59,5	22	53,5	20	47,1	17	41,5	15
DESTE 4	103,8	18	90,1	16	81,1	14	71,3	12	62,9	11
DESTE 2	59,9	18	52,0	15	46,8	14	41,2	12	36,3	11
DESTE 0	13,7	8	11,9	7	10,7	6	9,4	5	8,3	5
URDANETA	169,5	19	147,2	16	132,4	15	116,5	13	102,8	11
BARALT	208,6	24	181,3	21	161,5	19	143,4	17	126,5	15
F.ARMADAS	336,4	26	292,3	23	262,8	20	231,3	18	203,9	16
NORTE 8	52,3	13	45,4	11	40,8	10	35,9	9	31,7	8
NORTE 4	80,0	17	69,5	15	62,5	14	55,0	12	48,5	11
NORTE 2	24,2	15	21,1	13	18,9	12	16,7	10	14,7	9
NORTE 0	24,7	13	21,5	11	19,3	10	17,0	9	15,0	8
NORTE 1	23,1	13	20,1	12	18,1	11	15,9	9	14,0	8
NORTE 3	34,2	14	29,7	12	26,7	11	23,5	10	20,8	9
NORTE 5	29,5	13	25,6	12	23,0	10	20,3	9	17,9	8

Emisiones y concentraciones estimadas de CO para diferentes velocidades de circulación en avenidas del casco central de Caracas, para un flujo de vehículos igual al de 1976 durante el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Cuadro 22

AVENIDAS Y CALLES.	ESTIMACION DE LAS EMISIONES, EN Kg/h, Y DE LAS CONCENTRACIONES EN LA ATMOSFERA, EN p.p.m., DE CO PARA DIFERENTES VELOCIDADES EN EL INTERVALO 7:00 AM A 7:00 PM.									
	16 KPH.		20 KPH.		24 KPH.		28 KPH.		32 KPH.	
	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración
DESTE 14	36,09	18	31,32	16	28,17	14	24,84	13	21,87	11
DESTE 12	37,62	12	32,67	11	29,34	10	25,83	9	22,77	7
LECUNA	88,47	23	78,86	20	69,12	17	60,84	15	53,64	14
DESTE 8	89,01	15	77,40	14	69,57	12	61,20	11	54,00	9
DESTE 6	61,65	23	53,55	20	48,15	18	42,39	15	37,35	14
DESTE 4	93,45	16	81,09	14	72,99	13	64,17	11	56,61	10
DESTE 2	53,91	16	46,80	14	42,12	13	37,08	11	32,67	10
DESTE 0	12,33	7	10,71	6	9,63	5	8,46	4	7,47	4
URDANETA	52,55	17	132,48	14	119,16	14	104,85	12	92,52	10
BARALT	187,74	22	163,17	18	141,35	17	129,06	15	113,85	14
F.ARMADAS	302,76	23	263,07	21	236,52	18	208,17	16	183,51	14
NORTE 8	47,07	12	40,86	10	37,72	9	32,31	8	28,53	7
NORTE 4	72,00	15	62,55	14	51,25	13	49,50	11	43,65	10
NORTE 2	21,78	14	18,99	12	17,01	11	15,03	9	13,23	8
NORTE 0	22,23	12	19,35	10	17,37	9	15,03	8	13,50	7
NORTE 1	20,79	12	18,09	11	16,29	10	14,31	8	12,60	7
NORTE 3	30,78	13	26,73	11	24,03	10	21,15	9	18,72	8
NORTE 5	26,55	12	23,04	11	20,70	9	18,27	8	16,11	7

Emisiones y concentraciones de CO para diferentes velocidades de circulación en avenidas del casco central de Caracas, para una disminución del 10% en el flujo de vehículos durante el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Cuadro 23

AVENIDAS Y CALLES.	ESTIMACION DE LAS EMISIONES, EN Kg/h, Y DE LAS CONCENTRACIONES EN LA ATMOSFERA, EN p.p.m., DE CO PARA DIFERENTES VELOCIDADES EN EL INTERVALO 7:00 AM A 7:00 PM.									
	16 KPH.		20 KPH.		24 KPH.		28 KPH.		32 KPH.	
	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración	Emisión	Concentración
DESTE 14	32,08	16	27,84	14	25,04	13	22,08	11	19,44	10
DESTE 12	33,44	11	29,04	10	26,08	9	22,96	8	20,24	6
LECUNA	78,64	20	68,32	18	61,44	15	54,04	14	47,68	12
DESTE 8	79,12	14	68,80	12	61,84	10	54,40	9	48,00	8
DESTE 6	54,80	20	47,60	18	42,80	16	37,68	14	33,20	12
DESTE 4	83,04	14	72,08	13	64,88	11	57,04	10	50,32	9
DESTE 2	47,92	14	41,60	12	37,44	11	32,96	10	29,04	9
DESTE 0	10,96	6	9,52	6	8,56	5	7,54	4	6,64	4
URDANETA	135,60	15	117,76	13	105,96	12	93,20	10	82,24	9
BARALT	166,88	19	145,04	17	129,20	15	114,72	14	101,20	12
F.ARMADAS	269,12	21	233,84	18	210,24	16	185,04	14	163,12	13
NORTE 8	41,85	10	36,32	9	32,64	8	28,72	7	25,36	6
NORTE 4	64,0	14	55,60	12	50,0	11	44,0	10	38,80	9
NORTE 2	23,36	12	16,88	10	15,12	10	13,36	8	11,76	7
NORTE 0	19,76	10	17,20	9	15,44	8	13,60	7	12,0	6
NORTE 1	18,48	10	16,08	10	14,48	9	12,72	7	11,20	6
NORTE 3	27,36	11	23,76	10	21,36	9	18,80	8	16,64	7
NORTE 5	23,60	10	20,48	10	18,40	8	16,24	7	14,32	6

Emisiones y concentraciones estimadas de CO para diferentes velocidades de circulación en avenidas del casco central de Caracas, para una disminución del 20% en el flujo de vehículos durante el intervalo de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

La aplicación de una correlación lineal, entre las concentraciones de CO y el flujo de vehículos en forma individual para cada una de las avenidas, permite la presentación del Cuadro 18. En éste se conserva la velocidad promedio y el flujo de vehículos para cada una de las avenidas. Es aparente que en las condiciones existentes de los años 1975 a 1977, la capacidad vial era muy aceptable siempre y cuando no existieran interferencias de otro tipo: vehículos mal estacionados; choques; obstrucción en las vías por trabajos de reparación; desincronización de los semáforos; poca distancia entre dos semáforos consecutivos y autobuses circulando en canales de circulación lógica para automóviles. En el Cuadro 18 se observa que los porcentajes de llenado para cada una de las avenidas consideradas son en su mayoría relativamente bajos, para 1977. Este porcentaje de llenado oscila entre 8% y 25% para 15 de las 18 avenidas consideradas. Las otras tres tienen porcentajes de llenado comprendidos entre 32% y 42%. Con la velocidad promedio es posible alcanzar diferentes porcentajes de llenado de las avenidas. Para cada uno de estos porcentajes se presenta la concentración promedio de CO que se ha calculado para condiciones inexistentes de control de emisiones. Se observa que las concentraciones de CO aumentan apreciablemente en relación con las que se incluyen, datos actuales, en el Cuadro 15.

En los cuadros 19 al 23, ambos incluidos se presentan las proyecciones de las emisiones de CO por los tubos de escape de los vehículos y las concentraciones en la atmósfera de este contaminante para diferentes velocidades promedios en el intervalo comprendido entre las 7:00 a.m. y 7:00 p.m. En el Cuadro 19 se asume un aumento del 20% en el flujo de vehículos en cada una de las avenidas. En el Cuadro 20 se asume un aumento del 10% en el flujo de vehículos en cada una de las avenidas. En el Cuadro 21 se asumen condiciones de flujo de vehículos similares a las indicadas en el Cuadro 17. Las proyecciones para flujos de vehículos inferiores en 10% y 20% a los incluidos en el Cuadro 17, se presentan en los cuadros 22 y 23 respectivamente.

En estas proyecciones se ha asumido que no se modifican las condiciones de vehículos automotores incontrolados desde el punto de vista de emisiones de contaminantes atmosféricos. Es obvio que las cantidades de CO arrojadas a la atmósfera aumentan considerablemente bajo condiciones similares a las de 1977. El mejoramiento de las condiciones de circulación de los vehículos, que signifique un aumento de la velocidad promedio, actúa como compensador para disminuir las emisiones de CO a la atmósfera. El límite físico, impuesto por la topografía y extensión del valle de Caracas, determinará una repetición de las condiciones existentes para 1977, asumiendo que a muy corto plazo se logre instrumentar adecuadamente una serie de medidas para aumentar la velocidad promedio de los vehículos en el valle de Caracas. La repetición de las condiciones evaluadas de 1974 a 1977 se alcanzará en la medida que las vías de circulación se congestionen de nuevo como consecuencia del aumento del

número de vehículos. Es necesario estudiar otros elementos de juicio para aplicar la alternativa que más conviene a los intereses de la conservación y mejoramiento de la salud pública y condiciones ambientales contribuyentes al logro de patrones de calidad de la vida día a día mejores, independientemente de las diversas interpretaciones que pueda dársele a este último concepto. Por ello deben ser incluidas consideraciones acerca de la probable distribución de vehículos y consumo de combustible.

5.5.2.1 *Distribución de vehículos por año de ensamble.*

Se estiman tres condiciones en la proyección para cualquier rata de aumento en el número de vehículos en circulación. La primera consiste en asumir que el aumento anual es producto de la incorporación de nuevos vehículos y ningún reemplazo de los vehículos de los años precedentes. Esta es una condición poco realista. En la segunda se asume que existe un aumento neto anual del 10% en el número total de vehículos en circulación pero hay una desincorporación anual del 10% de los vehículos de años precedentes después de cinco años de uso. La tercera condición es una modificación de la segunda. Se asume un aumento neto anual del 10% y una desincorporación de sólo el 5% para vehículos después de 10 años de uso. En las figuras 55, 56 y 57 se presentan las tres condiciones.

En la Figura 55 se observa que los vehículos en circulación antes de 1979 no permitirán una reducción apreciable de las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Su deterioro en forma progresiva, debido a su vejez, contribuirá a aumentar las descargas de contaminantes salvo que se impusieran medidas drásticas para su control.

En la Figura 56 se observa que los vehículos ensamblados a partir de 1980, con ciclos de cinco años para su desincorporación, representarán el 100% de los vehículos en circulación de 1986 en adelante. Bajo estas condiciones surge como medida lógica el iniciar el control de las emisiones a la atmósfera en los nuevos vehículos; pero, existen dificultades para la escogencia del tipo de control más conveniente. En otros párrafos de éste y del Capítulo 6 se trata el tema nuevamente.

En la Figura 57 se observa que los vehículos de modelos anteriores a 1979 desaparecerán de la circulación a partir de 1989. La mayor vida útil de los vehículos, diez años, determina que los modelos anteriores a 1979 tendrán una contribución significativa en la cantidad de emisiones de contaminantes a la atmósfera.

5.5.2.2 *Consumo de combustible.*

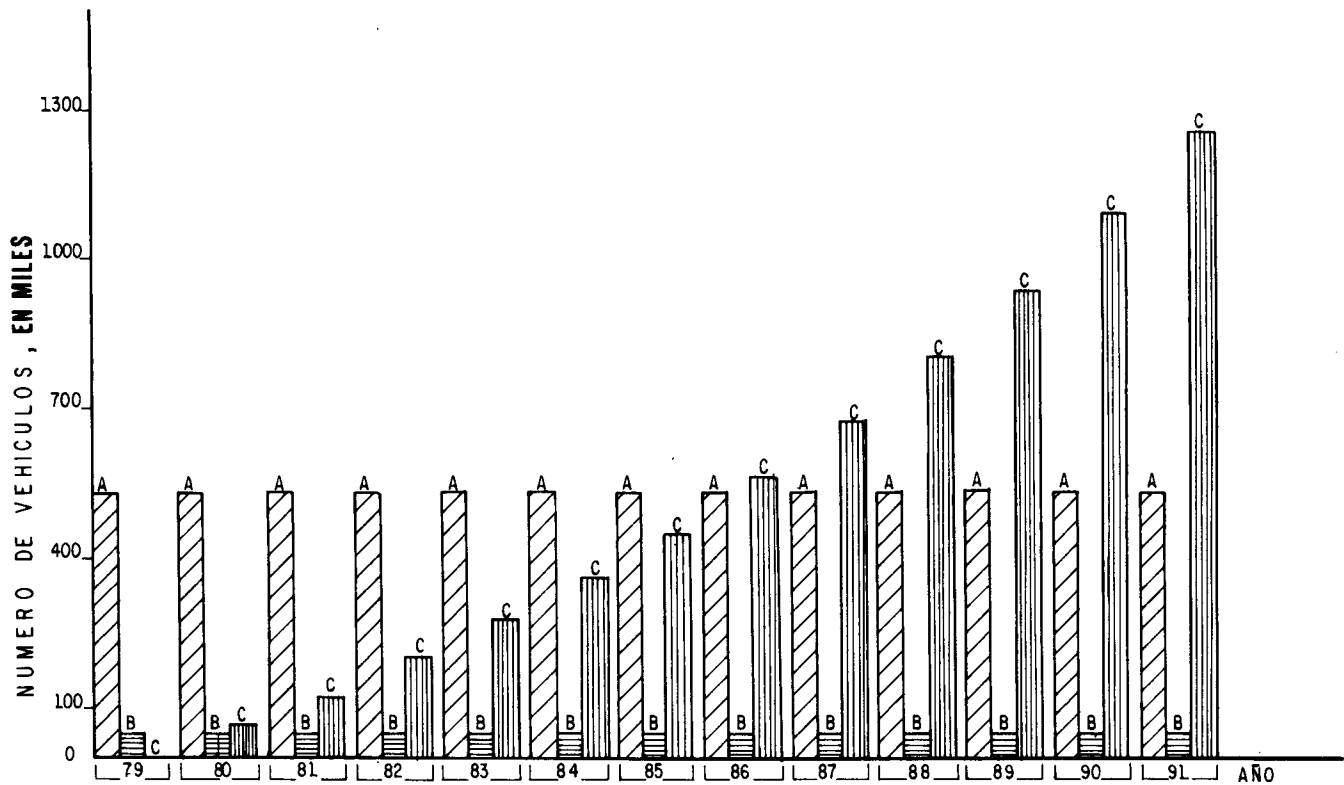
El consumo de gasolina de motor fue calculado en 3.300.000 litros aproximadamente por día en la Zona Metropolitana de Caracas para 1976. Si se estima un rendimiento promedio de 5,6 kilómetros por litro, el número de kilómetros recorridos por día es 18.500.000 en 1976. Es obvio que el número de kilómetros recorridos por día

aumentará en la medida que se incremente el número de vehículos en circulación. El consumo de gasolina aumentará en la misma proporción de aumento en el número de vehículos si se mantiene un patrón de comportamiento similar al de 1976. Considerado el consumo de combustible independiente de otros factores, como por ejemplo el límite físico del valle de Caracas para aumentar indefinidamente el número de kilómetros recorridos por día, los aumentos de consumo de gasolina se mantendrán entre 5% y 10% en relación con los del año inmediatamente anterior. En la Figura 58 se presentan las proyecciones para ambas condiciones. Se observa que en relación a 1976 se cuatuplicará el consumo de gasolina para 1990 si el incremento interanual es del 10%.

5.5.3 Influencia de varias alternativas de control de emisiones de contaminantes en los vehículos de combustión interna en el valle de Caracas.

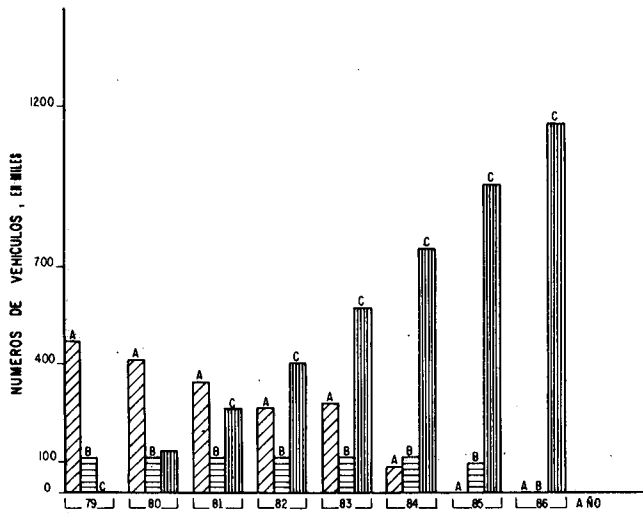
En la consideración de varias alternativas es necesario cuantificar el mejoramiento real de las condiciones de calidad del aire en la zona de estudio. En parágrafos anteriores se han presentado comentarios e ilustraciones, a través de cuadros, acerca del mejoramiento de la calidad del aire en la medida que se aumente la velocidad promedio en cada una de las avenidas del valle de Caracas. Estas mejoras se obtienen sin la aplicación de medidas de control de las emisiones de CO en los vehículos. Las dificultades para aumentar la velocidad promedio son apreciables en la práctica. Aun en el caso de que ello fuese posible a corto plazo, esta mejora corre el riesgo de anularse en virtud de la posibilidad de un aumento gradual en el número de vehículos en circulación que llevarían de nuevo a las condiciones encontradas durante el período 1974-1977, no modificadas durante el primer semestre de 1978. Por ello, se consideran diversas condiciones en los próximos parágrafos.

Figura 55



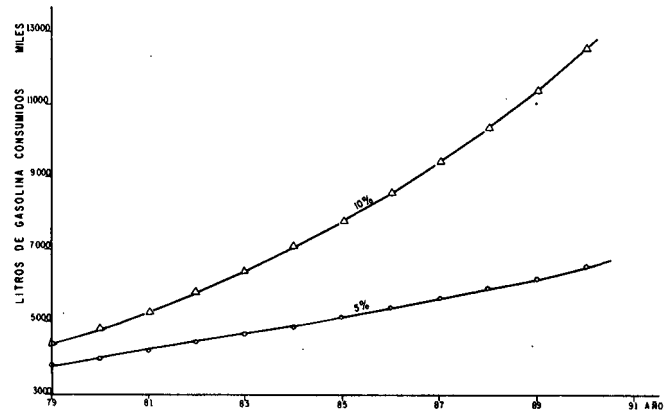
Número de vehículos en el valle de Caracas por año durante el período 1979-1991 para un aumento anual del 10% en la circulación de vehículos automotores. Se asume que no hay desincorporación de vehículos de años precedentes.

Figura 56



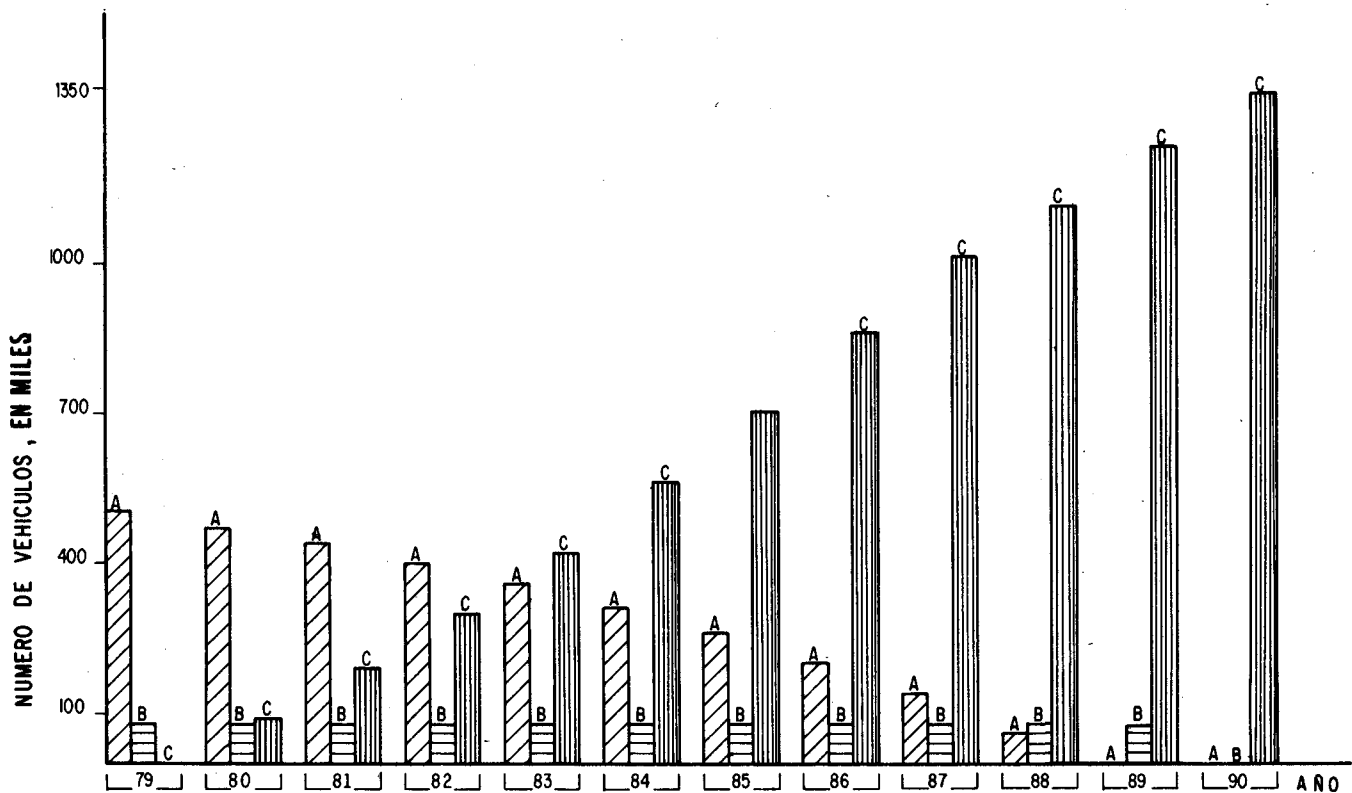
Número de vehículos en el valle de Caracas por año durante el período 1979-1986 para un aumento anual del 10% en la circulación de vehículos automotores. Se asume que hay una desincorporación del 10% de los vehículos de años precedentes.

Figura 58



Consumo estimado de gasolina en el valle de Caracas por año durante el período 1979-1990 para aumentos interanuales del 5% y 10% en el consumo.

Figura 57



Número de vehículos en el valle de Caracas por año durante el período 1979-1990 para un aumento anual del 10% en la circulación de vehículos automotores. Se asume una desincorporación del 5% de los vehículos de años precedentes.

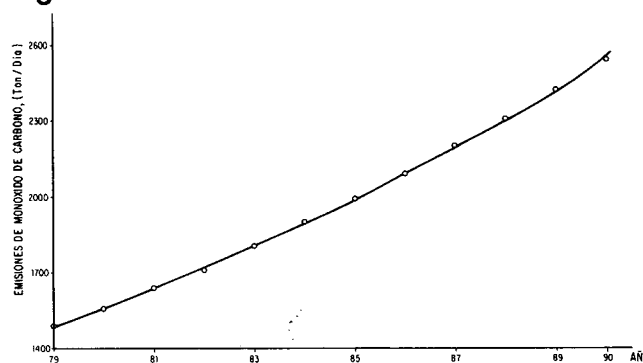
5.5.3.1 Emisiones globales de CO en el valle de Caracas para vehículos sin control de emisiones.

En la Figura 59 se presenta la proyección del aumento de las emisiones diarias de CO en el valle de Caracas hasta 1990. Esta proyección tiene validez para aumentos netos del 5% en la circulación de vehículos. Se asume que los vehículos no tienen ningún tipo de control, bien por la colocación de dispositivos de control de las emisiones de CO o bien por modificaciones del motor para mejorar las condiciones de combustión. En el cálculo de las emisiones de CO se han utilizado los factores de emisión publicados por la Environmental Protection Agency (EPA) de los EE.UU. Es evidente que la utilización de estos factores introduce un error en las condiciones de tráfico existentes en el valle de Caracas por razones diversas. Entre ellas, los factores de emisión se presentan a partir de una velocidad promedio de 18 k.p.h., mayor que la velocidad promedio en el valle de Caracas. Por otra parte es de advertir que las condiciones de mantenimiento en los vehículos automotores en el valle de Caracas está caracterizada por una relación aire-combustible muy rica en combustible y variaciones muy amplias de esta última relación para el grupo de vehículos estudiados al azar. En consecuencia la aplicación de estos factores no coincidirán en ningún momento con las condiciones reales existentes en el valle de Caracas, salvo que se obtengan mejoras substanciales para igualarnos a las condiciones bajo las cuales la EPA ha determinado esos factores.

Sin embargo, es útil la aplicación de estos factores en una estimación de la proyección de las emisiones de CO si se toma en consideración que un estudio exhaustivo para calcular factores de emisión de carácter local nos llevaría a la inversión de recursos cuantiosos y posiblemente de muy baja productividad dadas las condiciones de mantenimiento de los vehículos en el valle de Caracas desde el punto de vista de control de emisiones de CO. Esta proyección está por debajo de la condición real si se mantienen vigentes las condiciones durante la fase de estudio del mantenimiento de los vehículos automotores y la velocidad promedio en el valle de Caracas.

En las figuras 60, 61 y 62 se presentan las estimaciones de las emisiones diarias de CO para tres condiciones: a) aumento interanual neto del 5% en la circulación de vehículos y una desincorporación del 5% en el número de vehículos usados, sin emplear medios de control de las emisiones de CO; b) aumento interanual neto del 5% de vehículos en la circulación y una desincorporación del 5% en el número de vehículos usados. Se estima el uso de la técnica de control más avanzada a partir de 1980 con un rendimiento del 90% en el control de las emisiones de CO; c) aumento interanual neto del 5% de vehículos en la circulación y una desincorporación del 10% en el número de vehículos usados, estimando igualmente el uso de la técnica más avanzada de control a partir de 1980. Se observa que la reducción de la emisión diaria de CO es realmente apreciable. Esto sobre la base del uso de las técnicas de control de las emisiones de CO más

Figura 59



Valores estimados de las emisiones diarias de CO en el valle de Caracas por los vehículos automotores sin dispositivos u otros métodos para su control en el período 1979-1990. Se fijan para un aumento interanual del 5% en la circulación de vehículos y no desincorporación de vehículos de años precedentes.

avanzadas, o sea, el empleo del convertidor catalítico. Sin embargo, su uso se limita considerablemente en nuestro país por razones diversas que se presentan en el Capítulo 6.

5.5.3.2 Emisiones globales de diferentes contaminantes de la atmósfera en el valle de Caracas para vehículos sin control de emisiones.

La aplicación de los factores de emisión para diversos contaminantes permiten determinar las emisiones probables para el período de tiempo considerado. Sólo cabe recordar el énfasis en considerar estas cifras como aproximadas y útiles para conocer la importancia de la aplicación de uno o más métodos de control de las emisiones de contaminantes a la atmósfera en la medida que ellos correspondan con las condiciones reales. Así en forma gradual se observan varias condiciones sobre la información disponible de la ejecución de las diversas actividades para evaluar la contribución de los vehículos automotores en la contaminación atmosférica del valle de Caracas.

Para citar un caso específico, al establecer comparaciones entre tipos diferentes de vehículos automotores, como automóviles y autobuses, en función de las emisiones de contaminantes, se encuentran las relaciones incluidas en las figuras 63-a y 63-b para cinco de las principales avenidas situadas en el casco central de Caracas y cinco de los contaminantes de interés en los estudios sobre contaminación atmosférica: CO; hidrocarburos; óxidos de nitrógeno (como NO₂); material particulado y óxidos de azufre (como SO₂). En las figuras 63-a y 63-b puede observarse la baja contribución de los autobuses en la emisión de CO en las avenidas Baralt, Fuerzas Armadas, Lecuna, Universidad y Urdaneta. Lo mismo ocurre para las emisiones de hidrocarburos. Lo contrario ocurre en las emisiones de óxidos de nitrógeno, material particulado y óxidos de azufre. Aunque en forma absoluta las emisiones de los automóviles para cada uno de estos contaminantes

son mayores que la de los autobuses, el número de autobuses, muy bajo en comparación con el número de vehículos, contribuyen apreciablemente en la contaminación del aire en las calles y avenidas donde circulan.

En la medida que la cobertura geográfica se extiende, la emisión global de los diversos contaminantes se aumenta y la contribución parcial en cada sub-sector dependerá de las características instantáneas de la distribución de vehículos. Esta contribución parcial será más o menos similar a las encontradas en el casco central si las condiciones de circulación, relación entre el número de vehículos y el número de autobuses, es parecida.

Si se mantienen las condiciones vigentes durante el período 1974-1977, las emisiones de diferentes contaminantes presentarán las proyecciones siguientes entre 1979 y 1990:

A) *Oxidos de nitrógeno.*

Las emisiones aumentarán aproximadamente de 70 a 120 toneladas por día (medidas como dióxido de nitrógeno), asumiendo un crecimiento interanual neto del 5% en el número de vehículos en circulación.

B) *Hidrocarburos.*

Las emisiones de hidrocarburos aumentarán aproximadamente de 230 a 370 toneladas por día, asumiendo un crecimiento interanual neto del 5% en el número de vehículos en circulación.

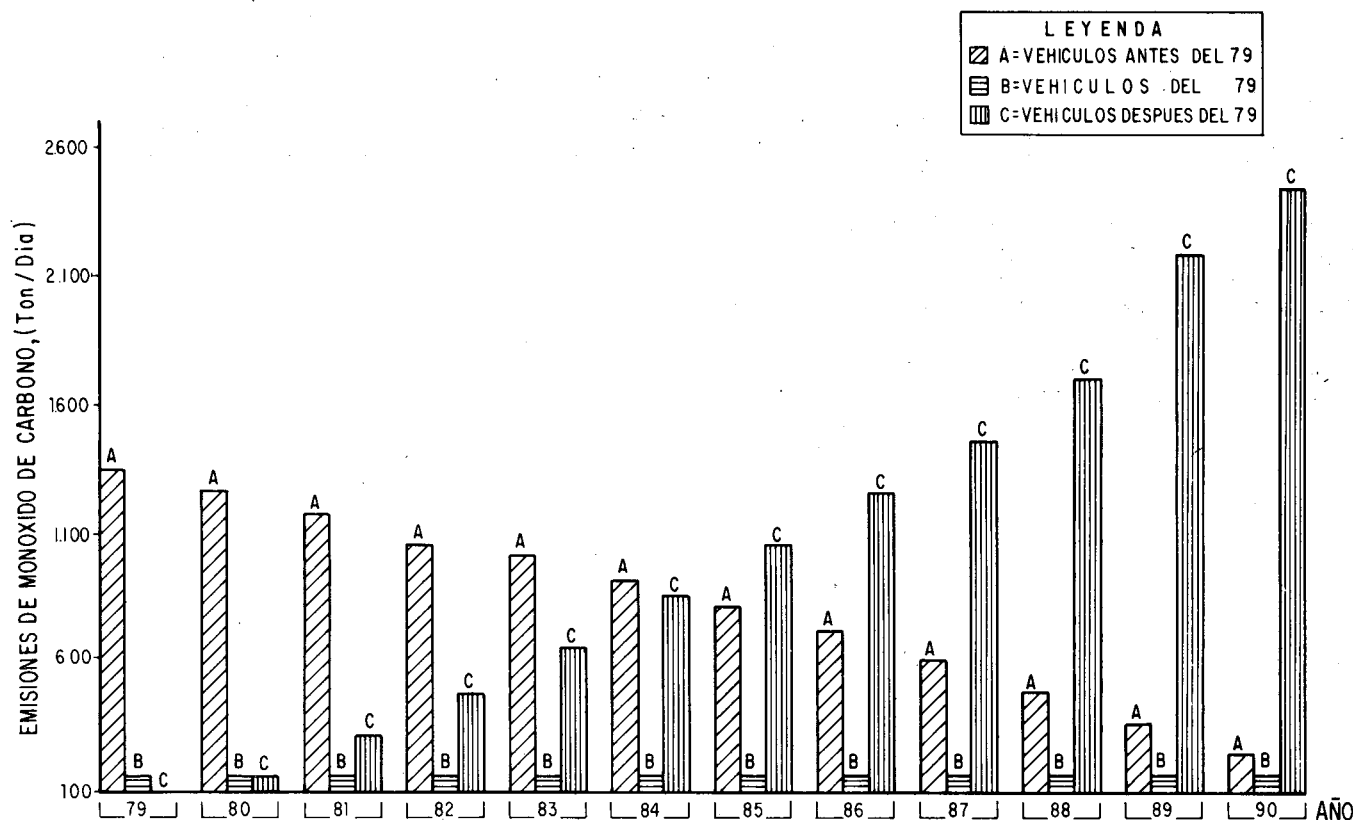
C) *Material particulado.*

Las emisiones de material particulado, representado por partículas de polvo en suspensión y partículas de polvo sedimentables, aumentarán aproximadamente de 7 a 13 toneladas por día de 1979 a 1990. Se ha considerado, igual que en los casos anteriores, un crecimiento interanual neto del 5% del número de vehículos en circulación.

D) *Oxidos de azufre.*

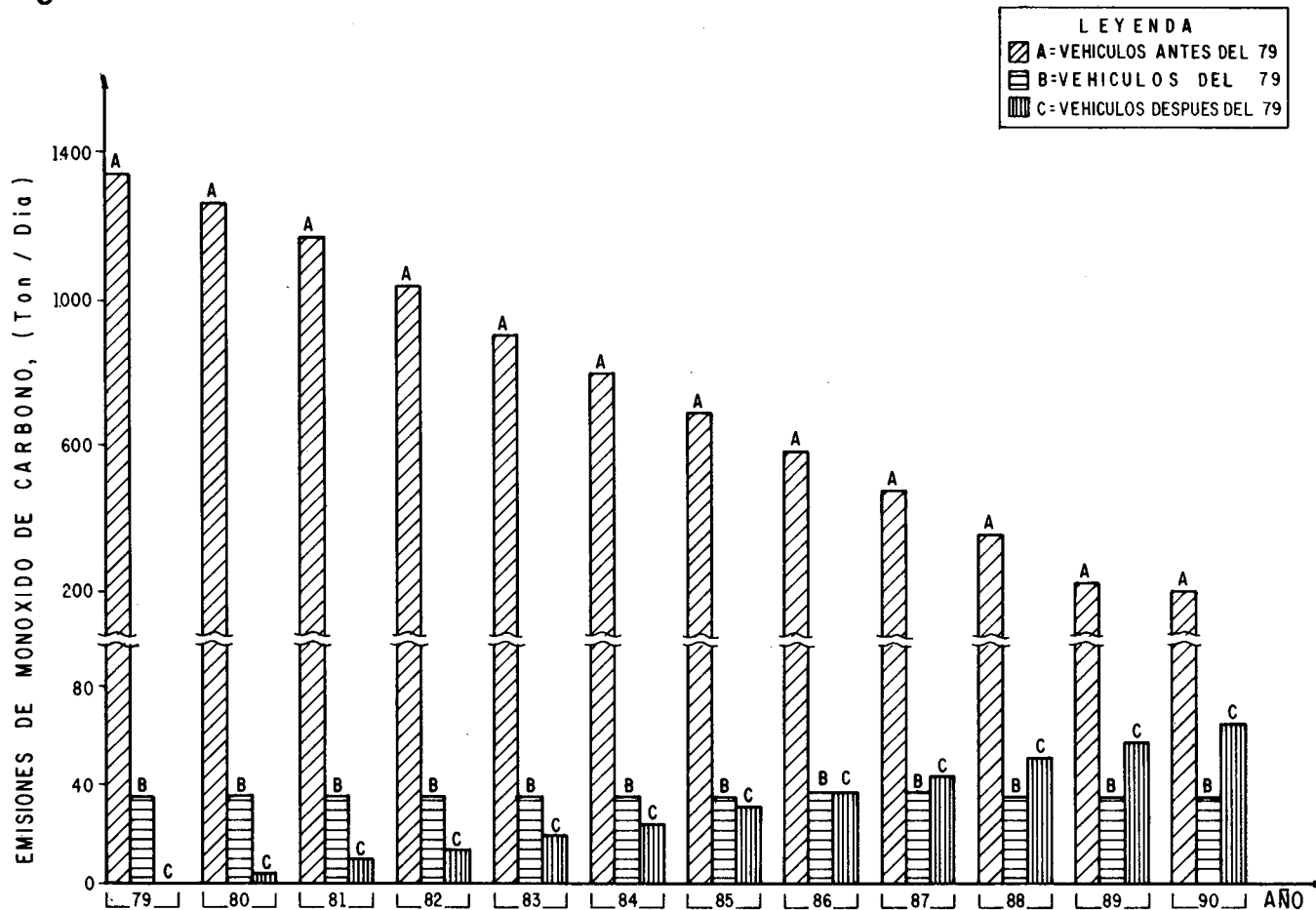
Las emisiones aumentarán aproximadamente de 2,0 a 3,5 toneladas por día (medidas como dióxido de azufre) en las mismas condiciones descritas en los párrafos anteriores.

Figura 60



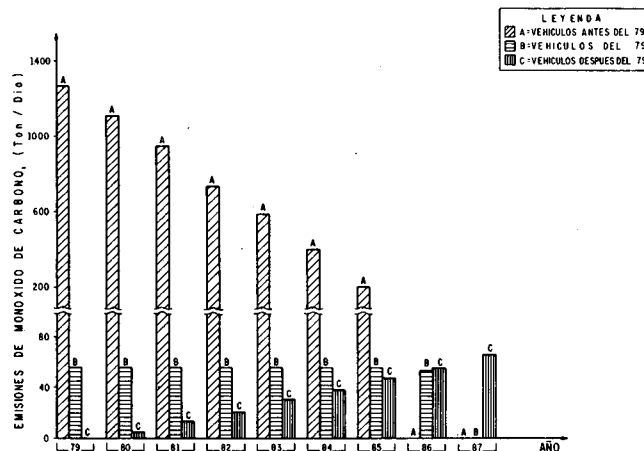
Valores estimados de las emisiones diarias de CO en el valle de Caracas por los vehículos automotores sin dispositivos u otros métodos para su control en el período 1979-1990. Se fijan para un aumento interanual del 5% en la circulación de vehículos y una desincorporación del 5% en el número de vehículos de años precedentes.

Figura 61



Valores estimados de las emisiones diarias de CO en el valle de Caracas por los vehículos automotores con convertidores catalíticos para el control de las emisiones. Se fijan para un aumento interanual del 5% en la circulación de vehículos, un 5% de desincorporación en el número de vehículos de años precedentes e inicio de la instalación de estos dispositivos a partir de 1980.

Figura 62



Valores estimados de las emisiones diarias de CO en el valle de Caracas por los vehículos automotores con convertidores catalíticos para el control de las emisiones. Se fijan para un aumento interanual del 5% en la circulación de vehículos, un 10% de desincorporación en el número de vehículos de años precedentes e inicio de la instalación de estos dispositivos a partir de 1980.

Figura 63 a

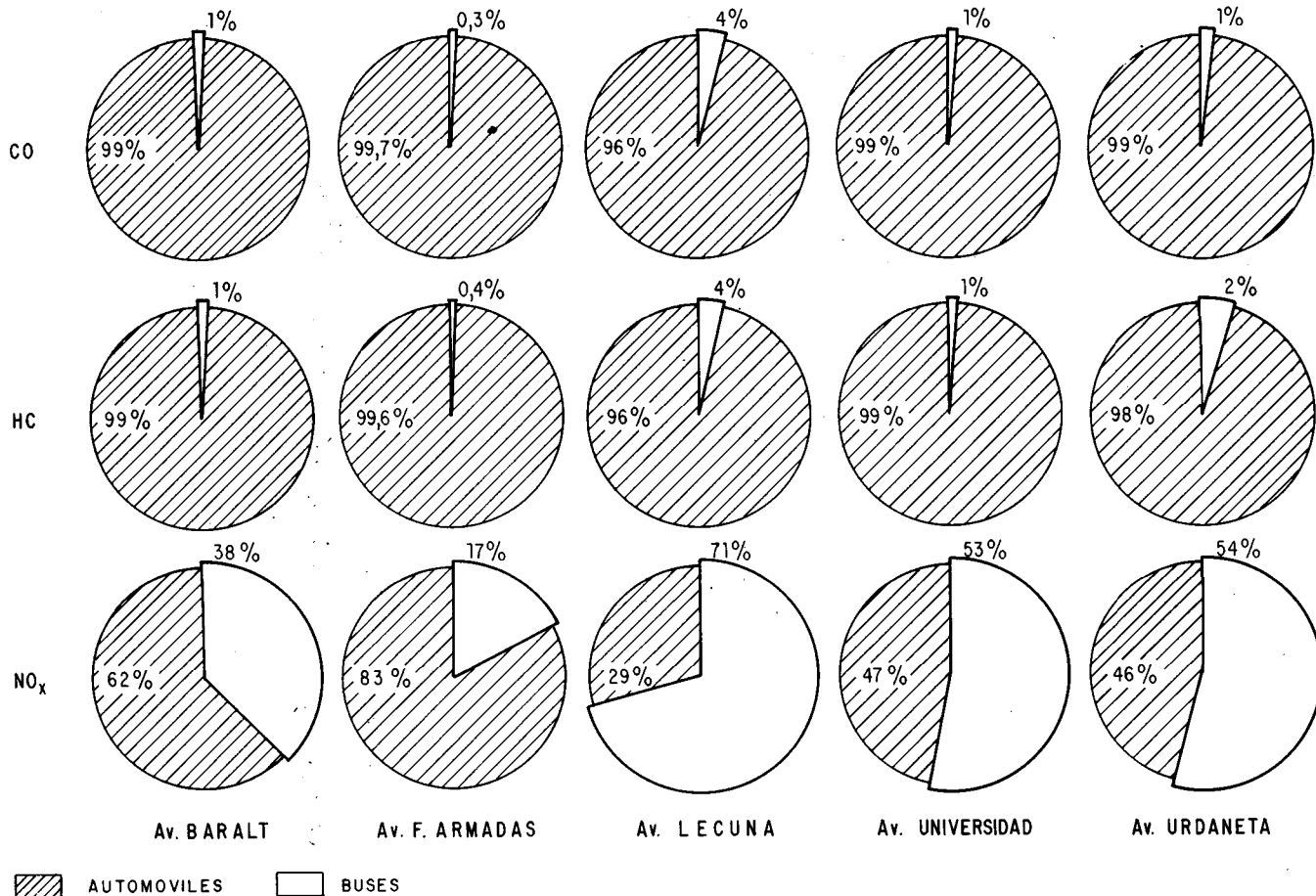
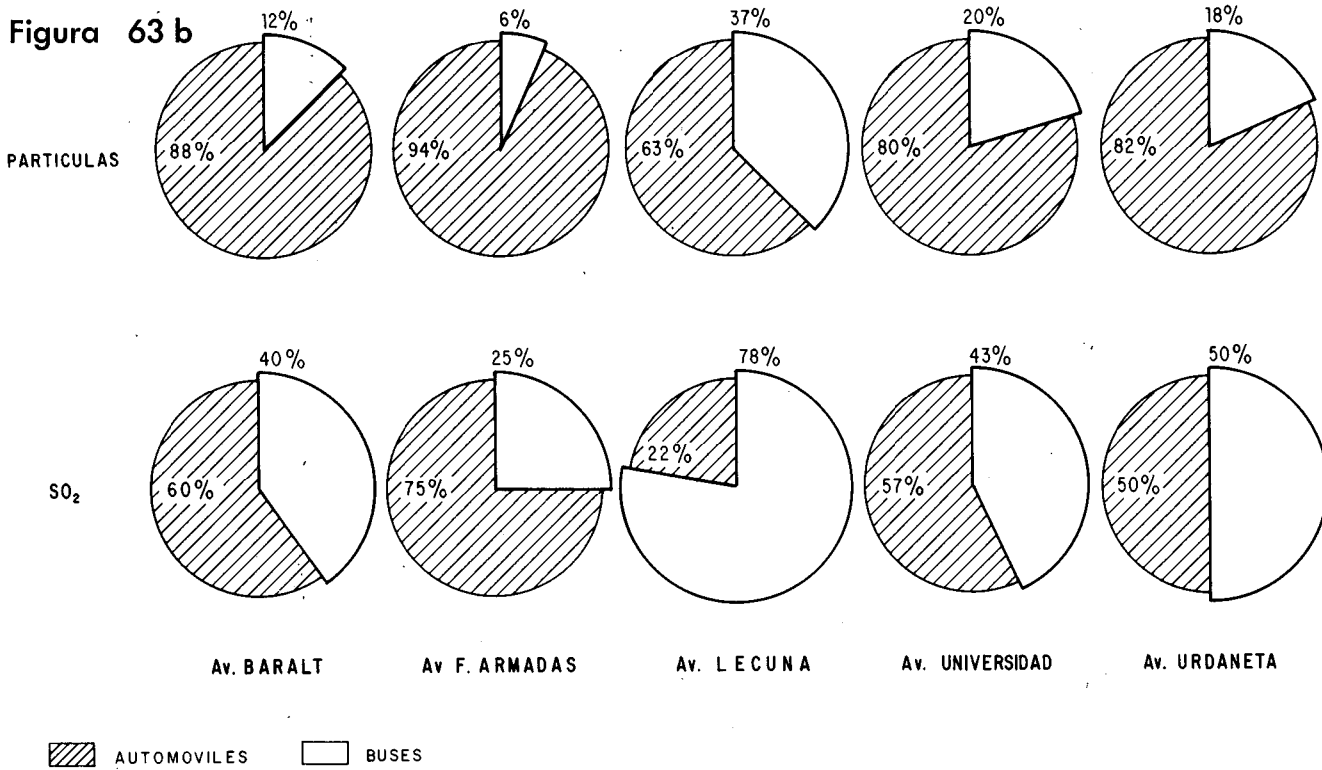


Figura 63 b



Contribuciones porcentuales de los automóviles y autobuses en la contaminación atmosférica producida por cinco contaminantes en cinco avenidas del casco central de Caracas. Año 1977.

La aplicación de las técnicas de control más avanzadas, representadas fundamentalmente por los convertidores catalíticos, permitirán reducir las emisiones de algunos de estos contaminantes en la forma que se indica en los próximos párrafos. Estas reducciones se han estimado para un crecimiento interanual neto del 5% en el número de vehículos en circulación y una desincorporación del 5% en el número de vehículos automotores. Se asume que el control de las emisiones comienza a partir de los modelos de automóviles correspondientes al año 1980.

La reducción estimada es aplicable para los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, sin alterar las condiciones de emisión de material particulado y óxidos de azufre. En el caso de la emisión de hidrocarburos, la reducción estimada es de una disminución desde aproximadamente 230 toneladas en 1979 hasta 50 toneladas en 1990, bajo las condiciones asumidas en el párrafo anterior.

Para los óxidos de nitrógeno, la reducción estimada

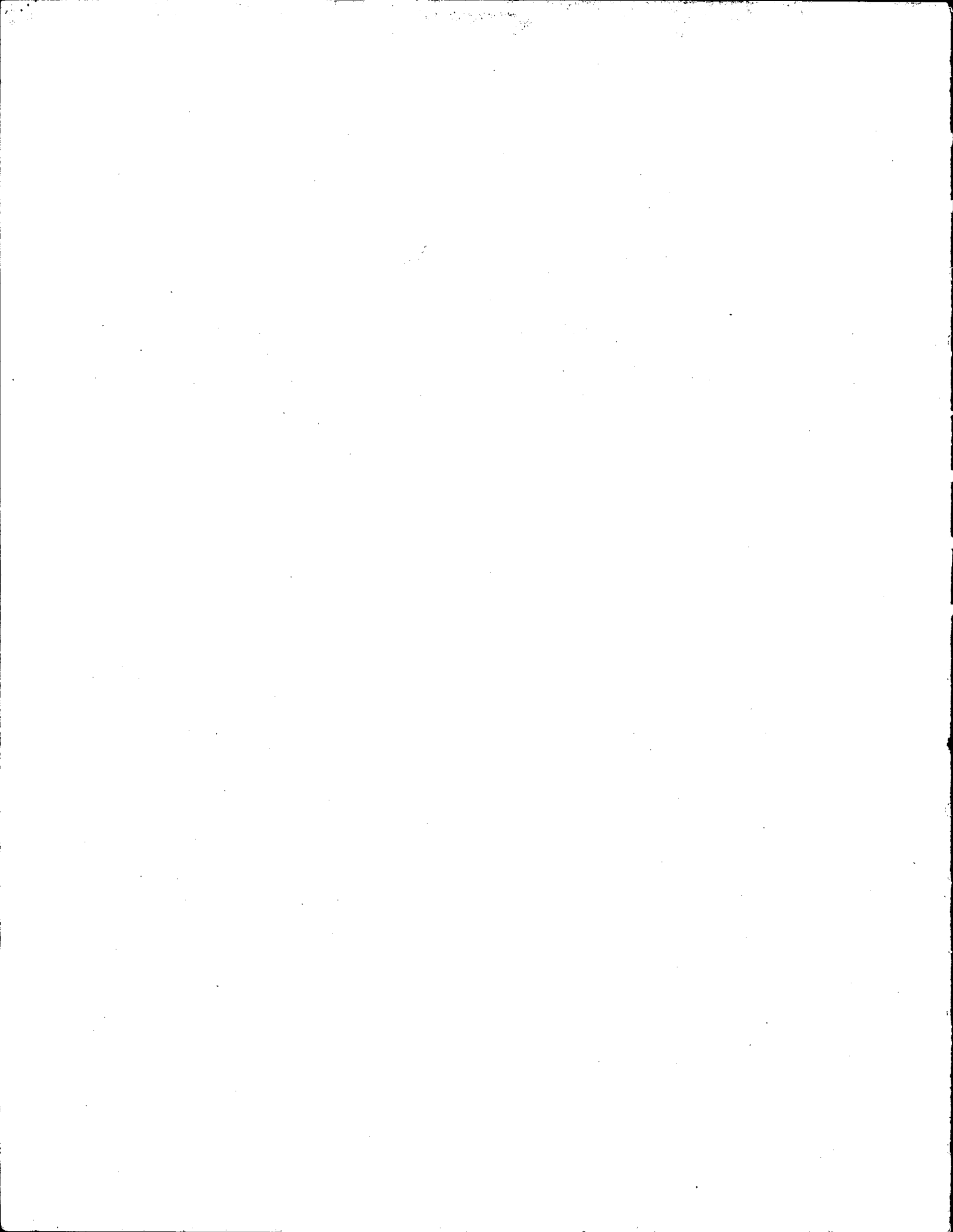
es desde 70 toneladas hasta 25 toneladas en las mismas condiciones en el período 1979-1990.

Si se comparan los valores estimados para el último año del período considerado, sobre las condiciones de no control y control con las técnicas más avanzadas conocidas hasta 1978, las reducciones son apreciables. En efecto, las emisiones de hidrocarburos disminuyen desde 370 toneladas hasta 50 toneladas. Las emisiones de óxidos de nitrógeno lo hacen desde 120 toneladas hasta 25 toneladas.

Sin embargo, estas estimaciones están sujetas a cambios debido a una serie de aspectos técnicos y administrativos existentes en la instrumentación de una medida de control que se fundamente en el empleo exclusivo de convertidores catalíticos. En el próximo Capítulo se incluyen las consideraciones correspondientes a la utilización de convertidores catalíticos como una de las estrategias de control, dentro del marco de referencia de alternativas más amplias.

CAPITULO 6

**ANALISIS GENERAL
DE LOS RESULTADOS,
ALTERNATIVAS DE CONTROL
Y RECOMENDACIONES
PARA REDUCIR
LA CONTAMINACION ATMOSFERICA
POR VEHICULOS AUTOMOTORES
EN EL VALLE DE CARACAS**



6.1 INTRODUCCION

Los vehículos automotores constituyen la principal fuente de contaminación atmosférica en el valle de Caracas según los resultados que se presentaron en el capítulo 5 y a los comentarios generales del Capítulo 3 sobre la contribución de las fuentes fijas a la generación de este problema. Ahora bien, el presentarlo no es más que un aspecto parcial en el proceso de encontrar soluciones prácticas para combatirla, de acuerdo al estado actual del arte y la tecnología en el campo del control de la contaminación atmosférica producida por los vehículos automotores. Por consiguiente, en este capítulo se hace un análisis de los resultados obtenidos en las diversas actividades desarrolladas en el "Estudio Integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas" para determinar la contribución de los vehículos automotores.

Este análisis constituye una etapa previa a la presentación de las alternativas para detener el avance de la contaminación de la atmósfera por un grupo selecto de contaminantes en el valle de Caracas y simultáneamente iniciar el proceso de mejoramiento de las condiciones de la atmósfera, día a día más deteriorada según los resultados, de los cuales se ha hecho referencia, incluidos en el Capítulo 5. La acción de control de la fuente de contaminación atmosférica representada por los vehículos automotores y mejoramiento de las condiciones generales de la atmósfera no es una tarea fácil y de resultados inmediatos, de acuerdo a los comentarios incluidos en los capítulos precedentes.

En general, los métodos para combatir la contaminación del aire producida por los vehículos automotores y controlarla son muy heterogéneos. Se observa que no solo intervienen las consideraciones de carácter técnico sino también aquellas que se derivan de la importancia alcanzada por este medio de transporte en nuestra sociedad. De allí que no resulte sencilla la aplicación de una estrategia de control orientada única y exclusivamente hacia los aspectos relacionados con la modificación de los motores de combustión interna para mejorar las condiciones de la combustión, la sustitución de estos motores por otros tipos que utilicen formas alternas de energía, o el uso de dispositivos para el control de las emisiones, para citar las soluciones técnicas de carácter general que se mencionan con frecuencia.

Desde el punto de vista socio-económico resulta inconcebible que una masa de aproximadamente 1.200 Kgr. de peso se movilice para transportar, la mayor parte de las veces, a un individuo de 70 Kgr. (promedio). Sin embargo, estas condiciones existen y cualquier modificación, que se pretenda realizar sobre la base de una reforma en el modo de pensar y en los hábitos arraigados en una sociedad, requerirá de un proceso de concientización, puramente educativo, por lo general lento.

Otros aspectos, como los de una ordenación urbana y política de transporte generalmente encuentran serias dificultades de orden político, económico y social para una adecuada instrumentación de cualquier planificación efectiva que se oriente a disminuir la contaminación atmosférica. Así, los más diversos tipos de conflictos pueden presentarse de acuerdo a los intereses de los grupos en pugna. Para algunos conservacionistas del ambiente y entusiastas partidarios del transporte colectivo, la solución sencilla es la última restricción: eliminar el automóvil de combustión interna. Pero otros grupos prefieren una respuesta de acuerdo a condiciones reales. Para éstos, la respuesta sencilla de algunos conservacionistas no puede considerarse seriamente ya que ello significaría resolver los problemas de la ciudad por medio de su eliminación. Estos grupos reconocen que la contaminación atmosférica debe reducirse pero reconocen también que la ciudad tiene bastante tiempo utilizando un medio de transporte que no puede eliminarse de un día a otro, más cuando una alternativa satisfactoria para toda la colectividad es difícil de encontrar. Para ellos, cualquier restricción debe usarse sólo como el último recurso, ante pruebas evidentes de la inexistencia de otros medios para solucionar los problemas de contaminación atmosférica.

El control de las emisiones para mejorar la calidad del aire y hacerlo compatible con la salud de las personas y la conservación del ambiente resulta de prioridad secundaria en la mayoría de los casos. Con la excepción de pequeños grupos que reconocen la verdadera importancia de la lucha contra la contaminación atmosférica y su control, la mayor parte de los grupos hacen uso de la contaminación atmosférica para dar más énfasis en la importancia de la solución de otros problemas que representan su preocupación. La contaminación atmosférica, de hecho, se convierte en una herramienta adicional para ayudarse en la obtención de medios para resolver el problema de real interés para ellos. Es evidente que la contaminación atmosférica no es un problema del presente en muchas ocasiones, pero ésta puede constituirse en un serio problema, en forma repentina, por no haber iniciado a tiempo las actividades necesarias para su prevención.

Sin calificar la situación actual, el problema de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas existirá en forma significativa para mediados de la década de los años 80 de no tomarse las medidas necesarias para combatirlo según se deduce de los resultados presentados en el Capítulo 5. Las concentraciones de CO, para citar un contaminante, en el ambiente exceden los criterios de calidad del aire utilizados en muchas otras regiones del mundo. Además, el potencial para concentraciones más altas existe debido al aumento del número de vehículos en circulación. Consideraciones similares se pueden señalar para otros contaminantes atmosféricos como los hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, material particulado y óxidos de azufre.

El control de esas emisiones y por consiguiente la reducción de sus concentraciones en la atmósfera pueden tratarse en diferentes formas. En este capítulo, después de realizar el análisis general de las características del problema de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas se presentan diversas consideraciones acerca de alternativas de control aplicables a los nuevos vehículos que se ensamblen en el país a partir de una fecha determinada y a los vehículos en uso, precedentes a esta fecha. Para los vehículos nuevos se hace un breve análisis de la técnica más avanzada de control existente en los EE.UU., que implica el uso de convertidores catalíticos, en contra de enfoques más generales orientados hacia cambios en las cámaras de combustión de los motores de combustión interna, de numerosos adeptos en las comunidades europeas. Como una variación de estas acciones de control se hacen consideraciones acerca de las complejas técnicas relacionadas con la sustitución de los motores de combustión interna por otros tipos que reduzcan o eliminen la producción de contaminantes de la atmósfera.

Otras alternativas de control se presentan en este capítulo. En algunos casos éstas son aplicables tanto para los vehículos ensamblados con métodos de control de las emisiones como para aquellos que no los tienen. A título de ejemplo, se puede citar que el mejoramiento de las condiciones de circulación en el valle de Caracas es una alternativa de esta naturaleza. En otros casos, es posible incluir la técnica aparentemente más simple como es la adaptación de dispositivos de control para contaminantes específicos en la parte más conveniente del sistema motor-escape de gases a la atmósfera. Así mismo, se analiza la alternativa orientada hacia la instrumentación de medidas de carácter administrativo que obliguen a los usuarios de los vehículos a mantenerlos en óptimas condiciones desde el punto de vista de control de emisiones a la atmósfera y a restringir, en forma indirecta, la circulación de vehículos automotores.

Una cualquiera de las alternativas de control de la contaminación atmosférica por los vehículos automotores, o combinación de ellas, se identifica con una de las dos grandes estrategias siguientes: a) reducción de la rata de emisión de contaminantes a la atmósfera; y, b) reducción del número de kilómetros recorridos por día por los vehículos en circulación. El grado de control de estas estrategias dependerá de la meta que se fije. La definición de esta meta es el aspecto crítico del manejo de la situación.

6.2 ANALISIS ACERCA DE LA CONTRIBUCION DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES EN LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN EL VALLE DE CARACAS

En el Capítulo 5 se presentaron los resultados de las diversas actividades desarrolladas para determinar la contribución de los vehículos automotores en la conta-

minación atmosférica en el valle de Caracas. Su análisis es fundamental para definir alternativas para su control. De inmediato surge una dificultad, implícita en la indefinición de los valores de referencia de las concentraciones de contaminantes de la atmósfera, permisibles en nuestro país, para el establecimiento de conclusiones. Irremediablemente hay que tomar como referencia datos internacionales. Estos tienen limitaciones en sus aplicaciones a nuestro país, pero sin embargo aportan elementos de juicio muy importantes en la definición de la magnitud del problema.

Las estimaciones son orientadoras a los fines del establecimiento de medidas de control. Como se indicara en el Capítulo 3, la alternativa de establecer estrategias de control basadas sobre los elementos de juicio disponibles, resulta ser la más conveniente en esta etapa del Estudio debido a las descargas de contaminantes atmosféricos, como el monóxido de carbono, que en un plazo relativamente corto pueden constituirse en un serio problema y para el cual no se tendrían los elementos de control necesarios. Esta aproximación a la solución integral del problema no descarta el desarrollo de estrategias de control, a largo plazo, fundamentadas sobre modelos de dispersión, en la medida que éstas sean razonablemente justificables a través de las evaluaciones periódicas de la problemática de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas.

Se estima conveniente realizar el análisis individual de los diversos parámetros utilizados en la evaluación del problema, en la forma como se presenta en los párrafos siguientes:

6.2.1 Monóxido de carbono (CO).

Este contaminante es el único del grupo constituido por el material particulado en suspensión, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, oxidantes fotoquímicos, hidrocarburos (excluyendo el metano) y el propio monóxido de carbono, para el cual existe una medida biológica de la dosis de contaminante inhalado. Conforme se indicara en el Capítulo 1, esta dosis se mide a través del contenido de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre. En la ejecución del Estudio, una evaluación exhaustiva del contenido de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre para la población del valle de Caracas no se ha realizado debido a la limitación de recursos humanos, no sólo en cantidad sino también por su calificación para llevarla a cabo. Por consiguiente, el análisis de las relaciones entre las concentraciones de CO en la atmósfera y los porcentajes de contenido de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre se fundamenta sobre investigaciones hechas en otros países. Esta condición no alteran las conclusiones acerca de esas relaciones en el valle de Caracas.

En diversos países donde existen regulaciones para el control de la contaminación atmosférica, se han establecido patrones de calidad del aire que varían entre 9 p.p.m. y 20 p.p.m. de CO en la atmósfera, medidos por medio del método de infrarrojo no dispersivo

(IRND), como concentración promedio para 8 horas de exposición. Estas concentraciones de CO en la atmósfera se relacionan con niveles de saturación de carbo-oxi-hemoglobina correspondientes a 1,7% y 3,3%, respectivamente, para un individuo en estado de reposo y al nivel del mar. Sin embargo, estas condiciones de equilibrio no se alcanzan en forma instantánea. Para las exposiciones durante ocho horas y una hora, se estima que para una concentración de 10 p.p.m. de CO en la atmósfera se obtienen niveles de carbo-oxi-hemoglobina de 1,4% y 0,4% respectivamente. Para concentraciones de 20 p.p.m. de CO en la atmósfera, los porcentajes de carbo-oxi-hemoglobina aumentan a 2,8% y 0,8% para exposiciones de ocho y una hora de duración, respectivamente. La condición de equilibrio se alcanza en dos o tres horas en condiciones de reposo. Este tiempo se disminuye en la medida que se aumenta la actividad física del individuo. Sin embargo, el valor del porcentaje de carbo-oxi-hemoglobina de equilibrio no se altera.

Para concentraciones más elevadas de CO en la atmósfera, los porcentajes de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre varían en la forma que se indica a continuación: para una concentración de 30 p.p.m. de CO en la atmósfera corresponde una saturación de la sangre equivalente al 5,0%. Para exposiciones de ocho y una hora, corresponden porcentajes de carbo-oxi-hemoglobina de 4,1% y 1,3% respectivamente. Obsérvese que este último porcentaje, para una hora de exposición, es aproximadamente igual al porcentaje de carbo-oxi-hemoglobina para ocho horas de exposición a una concentración de 10 p.p.m. de CO en la atmósfera. Para una concentración de 50 p.p.m. de CO en la atmósfera corresponden valores de carbo-oxi-hemoglobina de 2,5%; 7,5% y 8,4% para una hora, ocho horas y condiciones de equilibrio respectivamente. Para concentraciones de 100 p.p.m. de CO en la atmósfera, los valores de carbo-oxi-hemoglobina se relacionan con 3,5%; 11,3% y 14,0% respectivamente.

Al analizar el caso particular de las concentraciones de CO en el valle de Caracas es necesario hacer una referencia a estas relaciones. Así, las concentraciones de CO determinadas en el mismo conducen a consideraciones diversas. En el caso concreto del Centro Simón Bolívar, las concentraciones de este contaminante varían entre 21 p.p.m. y 37 p.p.m. para promedios aritméticos de ocho horas en las zonas de circulación para peatones. Esta circulación es bastante considerable durante la mayor parte de las horas diurnas. Los promedios correspondientes para una hora de exposición a CO oscilan entre 21 p.p.m. y 38 p.p.m. Por consiguiente, los promedios de las concentraciones de este contaminante no varían entre sí en forma significativa para períodos de una hora y ocho horas. Por otra parte, el valor mínimo de la concentración promedio de CO es 16 p.p.m. en el 90% del tiempo comprendido entre las 7:00 a.m. y las 7:00 p.m. para períodos de exposición de ocho horas de acuerdo a los resultados incluidos en los cuadros y figuras del Capítulo 5. En el 50% del tiempo para las mismas condiciones, las concentraciones se encuentran por encima

de 24 p.p.m. Para muestras de aire, relativamente instantáneas, se alcanzan valores de hasta 140 p.p.m. en las concentraciones de CO en la atmósfera. Como se mencionase anteriormente, estas cifras necesitan relacionarse con elementos de juicio específicos para su interpretación porque por sí solas no indican nada. De acuerdo a lo expuesto en párrafos próximos precedentes, se observa que estas concentraciones de CO deben producir concentraciones de carbo-oxi-hemoglobina comprendidas entre 0,8% (21 p.p.m. de CO en la atmósfera) y 2,5% (38 p.p.m. de CO en la atmósfera) para exposiciones de individuos no fumadores en períodos de una hora. Estos valores se consideran dentro del rango normal y aparte del contenido de carbo-oxi-hemoglobina no se estiman efectos significativos sobre la salud de las personas sometidas a esas condiciones. Sin embargo, para aquellos individuos que por una u otra razón permanecen en esas áreas durante ocho horas, los valores de carbo-oxi-hemoglobina variarán entre 2,8% y 7,5% en condiciones normales de los individuos expuestos, que naturalmente excluyen a aquellos con problemas de salud identificables por síntomas similares a los de una exposición continua a CO. En el último rango de variación considerado, aun en ausencia de síntomas perceptibles, se estiman aumentos en el ritmo respiratorio de los no fumadores y cambios en el ritmo cardíaco para compensar la disminución de la capacidad de transporte de oxígeno por la sangre a los numerosos tejidos del organismo humano. Para los fumadores no se estiman variaciones en las condiciones habituales de su salud, salvo que sus hábitos de fumador fuesen tales que su consumo de cigarrillos por día determinen niveles de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre inferiores a los de 2,8% y 7,5% antes citados. Es conveniente recordar que un fumador de dos a tres cajetillas de cigarrillos por día alcanza valores de hasta 14,0% de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre, bajo condiciones de equilibrio. Por consiguiente, aún si dejara de fumar en una atmósfera como la analizada en el Centro Simón Bolívar, en él se presentarían mejoras notables en sus condiciones de salud general al alcanzar la nueva concentración de equilibrio, inferior a la de origen.

En otras áreas del Centro Simón Bolívar, las características de esta exposición a CO varían en forma significativa. Así, las concentraciones de CO en la atmósfera son compatibles con condiciones satisfactorias de protección de la salud de las personas en las áreas comerciales en las cuales no hay una comunicación directa con fuentes de emisión de CO, como estacionamiento de vehículos, y la distancia a la zona de tráfico de vehículos aumenta como mínimo a 10 metros. En estas áreas, los promedios aritméticos de las concentraciones de CO en la atmósfera varían entre 13 p.p.m. y 15 p.p.m. para intervalos de 8 horas. Para intervalos de una hora, estas concentraciones no se alteran. Por otra parte, en el 50% del tiempo, las concentraciones de CO en la atmósfera se encuentran por encima de 11 p.p.m. En conclusión, los valores obtenidos en esta área comercial

son substancialmente menores que los correspondientes a las zonas de circulación de peatones relativamente próximas al tráfico de vehículos automotores.

Cuando se consideran otras áreas en las cuales el número de transeúntes es muy bajo, como son las áreas dedicadas a estacionamiento de vehículos automotores en el Centro Simón Bolívar y el túnel que comunica a la Avenida Bolívar con la Plaza O'Leary y sus alrededores, las concentraciones de CO aumentan substancialmente conforme se presentara en el Capítulo 5. Los promedios aritméticos de estas concentraciones varían entre 29 p.p.m. y 102 p.p.m. para intervalos de ocho horas. Para promedios aritméticos de una hora no se observan variaciones significativas respecto a los de ocho horas. Para intervalos menores, 5 minutos, las concentraciones de CO aumentan significativamente. Para estos intervalos de tiempo, se alcanzan valores máximos de hasta 468 p.p.m. de CO en la atmósfera. El valor máximo para promedios aritméticos de cinco minutos está entre 200 y 300 p.p.m. En conjunto, los valores obtenidos en las áreas para estacionamiento de vehículos automotores satisfacen criterios de "riesgo calculado" para este tipo de exposición. Este criterio relacionado directamente con una exposición de carácter industrial se fundamenta en las regulaciones de higiene y seguridad industrial. Según éstas, el promedio ponderado de las concentraciones de CO no debe ser superior a 100 p.p.m. para 8 horas de exposición. Esta regulación existía y aun está vigente en nuestro país, conforme a normas del M.S.A.S. En la evolución natural en los procesos de regulación, en otros países, principalmente los más industrializados, se han tomado valores menores, 50 p.p.m., para controlar estos ambientes. Esto ha ocurrido en los últimos años y ha sido una modificación del valor 100 p.p.m., aun vigente en nuestro país. Es evidente que conforme a las regulaciones para este contaminante, su cumplimiento es evidente a la luz de los datos obtenidos. Estos son indicativos de que los sistemas de ventilación mecánica empleados para remover el CO en los estacionamientos del Centro Simón Bolívar satisfacen los requerimientos nacionales de higiene y seguridad industrial al respecto. Sin embargo, es conveniente señalar que no sólo por satisfacer la regulación existente se asegura la protección de la salud de las personas allí expuestas. Al fijar esas regulaciones, por lo general se establecen premisas en relación con las personas que trabajarán en dichas áreas. Si éstas no se cumplen, es evidente que el grupo relativamente reducido de personas expuestas, o una en particular, se encuentra en condiciones de riesgo para su salud. Esto, en el caso del CO, es particularmente cierto para aquellos individuos que tienen problemas cardio-respiratorios.

Al ampliar la cobertura del análisis de los resultados obtenidos en las actividades de evaluación de la exposición a CO en el valle de Caracas, se observan condiciones de riesgos superiores a los establecidos en la legislación de los países industrializados, por lo general los únicos en tenerlas, para este contaminante. Así,

en el casco central de Caracas, según se definiere en el Capítulo 4, los promedios aritméticos de las concentraciones de CO para una hora de exposición están comprendidos entre 24 p.p.m. y 37 p.p.m., muy similares a los obtenidos en el Centro Simón Bolívar. Esta evaluación realizada 18 meses después de la del Centro Simón Bolívar indica que en algunos puntos, como ejemplos Esquinas Palma y Pajaritos, las concentraciones promedios de CO para intervalos de una hora aumentaron considerablemente, de 33% a 50% respecto al valor de enero-marzo de 1975. En general, se estima que la exposición de CO de la población en el casco central de Caracas para intervalos de una hora producirá concentraciones de carbo-oxi-hemoglobina comprendidas entre 0,8% y 2,5% en la sangre de la población expuesta de no fumadores. Para exposiciones en tiempos mayores, ocho horas, la exposición es substancialmente alta, asumiendo la regularidad de los promedios aritméticos de las concentraciones de CO para una y ocho horas en el casco central de la ciudad. En las condiciones encontradas de concentraciones de CO en la atmósfera los porcentajes de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre deben variar entre 4,1% y 7,5% aproximadamente para los no fumadores.

→ La presencia de concentraciones de CO en la atmósfera comprendidas entre 32 p.p.m. y 61 p.p.m. se mantiene en el valle de Caracas para promedios aritméticos de una hora según las mediciones realizadas en las áreas comerciales de mayor afluencia de público a lo largo de las principales avenidas durante el período 8 al 25 de noviembre de 1976. Las concentraciones máximas de CO para tiempos promedios de una hora alcanzaron valores comprendidos entre 62 p.p.m. y 170 p.p.m. Las concentraciones mínimas se mantuvieron entre 17 p.p.m. y 36 p.p.m. Consideradas en forma global, las concentraciones de CO se mantuvieron por encima de 37 p.p.m. para el 50% del tiempo comprendido en los tres intervalos estudiados: 7:30 a.m. a 9:30 a.m.; 11:30 a.m. a 1:30 p.m.; y, 3:30 p.m. a 6:30 p.m. Es evidente que las concentraciones promedios de CO se mantuvieron por encima de las respectivas encontradas en el Centro Simón Bolívar y el casco central de la ciudad. Se estima que la concentración de carbo-oxi-hemoglobina varía entre 1,3% y 2,7% en los no fumadores para exposiciones de una hora en las condiciones atmosféricas caracterizadas por los niveles de concentración de CO en ese tiempo. El contenido de carbo-oxi-hemoglobina para estas concentraciones promedios, consideradas similares para ocho horas de exposición, debe variar entre 4,1% y 8,0%, aproximadamente, para los no fumadores.

Al analizar casos particulares como el de la exposición a CO en ambientes específicos, como el interior de vehículos automotores en tres de las avenidas principales del valle de Caracas, se deduce que esta exposición se aumenta en relación con la exposición en la atmósfera exterior a los mismos. Bajo condiciones de congestión del tráfico, la concentración de CO

alcanza a 66 p.p.m. en el interior del vehículo donde se realizó la prueba, y en general casi todas las concentraciones, veintitres de veinticuatro, dieron valores iguales o superiores a 45 p.p.m. de CO durante un día normal de trabajo. Si se toma en consideración que numerosos conductores, particularmente los de transporte de pasajeros, ejecutan sus funciones en forma tal que sus exposiciones alcanzan a ocho horas, se concluye que una población considerable está sometida a condiciones de riesgo substancial a este contaminante. En algunos casos, esta exposición puede ser mayor en cuanto a la duración. Bajo estas condiciones, el porcentaje de carbo-oxi-hemoglobina en la sangre se estima que deben encontrarse entre 8,0% y 10,0% para los no fumadores.

6.2.2 *Oxidos de nitrógeno.*

Los vehículos automotores son responsables de la emisión de 25.550 ton/año de óxidos de nitrógeno, medidos como dióxido de nitrógeno, a la atmósfera. Este valor se ha estimado a partir de las condiciones reales de circulación de los vehículos automotores en el valle de Caracas y el uso de los factores de emisión publicados por la E.P.A., tal como se indicara en el Capítulo 5. Las determinaciones reales de las concentraciones de este contaminante por el método de la luminiscencia química se inició a partir de septiembre de 1978. Antes de esa fecha, no fue posible realizar estas determinaciones debido a las dificultades mencionadas en los párrafos descriptivos de los estudios de calidad del aire en el valle de Caracas, incluidos en el Capítulo 3.

Las emisiones de este contaminante por los vehículos automotores representan el 76%, aproximadamente, de todas las emisiones de óxidos de nitrógeno en el valle de Caracas. En comparación con el CO, la información disponible acerca de los efectos del dióxido de nitrógeno sobre las personas es muy limitada cuando se trata de definirlos a nivel de bajas concentraciones y efectos crónicos. El problema se complica desde el punto de vista epidemiológico debido a que estos estudios son difíciles de interpretar. El dióxido de nitrógeno se presenta en la atmósfera con una gran variedad de otros compuestos químicos, cuyos efectos pueden ser iguales o más peligrosos. Así mismo, se pueden presentar situaciones de sinergismo con los óxidos de nitrógeno.

Las mayores dificultades surgen cuando se consideran las exposiciones a corto plazo o promedios horarios. No hay información suficiente sobre las cuales se puedan fundamentar decisiones firmes. Sin embargo, a nivel internacional se han promulgado regulaciones muy estrictas ante la evidencia de que el dióxido de nitrógeno es un contaminante atmosférico que determina una carga adicional al sistema respiratorio. La tendencia general ha sido la de fijar patrones de calidad del aire donde la concentración máxima de dióxido de nitrógeno es apenas una fracción de la concentración de 1 p.p.m.

La importancia de la atención al problema de los óxidos de nitrógeno se enfatiza cuando se estudian los

mecanismos complejos de formación de nieblas fotoquímicas, fenómeno que se incluirá en informe posterior al concluir las investigaciones correspondientes, concurrentes a la definición para el valle de Caracas.

Es obvio que la contribución en óxidos de nitrógeno de las fuentes móviles de contaminación atmosférica será casi absoluta en el valle de Caracas en los próximos años debido a las restricciones existentes para la instalación de industrias en el mismo y al aumento interanual del número de vehículos en circulación. En el Capítulo 5, se señala que la emisión de las fuentes móviles aumentará de 70 toneladas por día de dióxido de nitrógeno en 1979 a 120 toneladas por día del mismo contaminante en 1990, asumiendo que no se estableciera un programa de control de estas emisiones y se tuviera un crecimiento interanual neto del 5% en el número de vehículos en circulación.

6.2.3 *Hidrocarburos*

El interés en los efectos de los hidrocarburos sobre la salud de las personas y de su acción sobre otras condiciones ambientales ha sido muy limitado si se le evalúa desde el punto de vista del número de estudios específicos relacionados con estos contaminantes de la atmósfera. Sin embargo, hoy día se le reconoce su gran importancia en el campo de la contaminación atmosférica debido al papel que desempeñan en las reacciones químicas en la atmósfera. Particularmente, los hidrocarburos reactivos constituyen el 95% de las descargas de este tipo de contaminante de los vehículos automotores. Su importancia se relaciona con su capacidad de reacción en la atmósfera con el ozono y óxidos de nitrógeno para formar los componentes irritantes de tipo fotoquímico.

En los países altamente industrializados se han fijado patrones de calidad del aire para el intervalo de 3 horas comprendidas entre las 6:00 a.m. y 9:00 a.m. en relación con este tipo de contaminante de la atmósfera. El valor aceptado ha sido el de 0,24 p.p.m. (160 microgramos de hidrocarburos reactivos por metro cúbico de aire). De hecho, este valor es de referencia solamente porque de satisfacerse condiciones de no formación de nieblas fotoquímicas, las concentraciones superiores al valor citado no ofrecen ningún tipo de riesgo a la luz de los conocimientos de sus efectos sobre la salud de las personas que de ellos se tiene. En forma intuitiva, es evidente que en ausencia de otros elementos de juicio, este valor es muy susceptible de modificaciones substanciales, en cualquier sentido, haciéndolo más estricto o menos riguroso en la medida que los estudios de investigación específicos sobre este tipo de contaminantes arrojen resultados que obliguen a modificar el patrón adoptado.

La cantidad de toneladas de hidrocarburos que se lancen a la atmósfera aumentará de 230 toneladas por día en 1979 a 370 toneladas por día en 1990 por los vehículos automotores, sin ningún tipo de control de

ro cúbico de aire). Sin embargo, estos valores han resultado de investigaciones donde el método de análisis empleado para determinar los oxidantes totales ha sido el del yoduro de potasio (IK). Hoy día, el método de

de las atmósferas de aquellas regiones donde se emplea gasolina con contenidos de plomo substancialmente más altos que para el caso mencionado. Sin embargo, ante una política de reducción de las concentraciones de

emisiones, en el valle de Caracas según se mencionase en el Capítulo 5. Estas cifras se estiman para un incremento interanual neto del 5% en el número de ve-

de autobuses como las Avenidas Lecuna, Urdaneta, Universidad y Baralt, las contribuciones relativas de emisiones de óxidos de azufre producidas en los autobuses son de 78%, 50%, 43% y 40%, respectivamente, de

contaminantes en la atmósfera, resulta razonable considerar límites estrictos de emisiones a la atmósfera de los compuestos de plomo.

Desde el punto de vista de los defensores del empleo del plomo como un aditivo conveniente para obtener mejores condiciones de conducción de los vehículos automotores, las cantidades añadidas a la gasolina no representan un daño real para las personas expuestas. Una serie de argumentos relacionados con datos epidemiológicos de mortalidad y morbilidad se presentan para defender el empleo del plomo como aditivo de las gasolinas de motor. A partir de éstos, concluyen en señalar que no hay evidencias de aumento de los casos de muerte o intoxicación por plomo a partir de la información disponible. Particularmente se señala que por la ingestión de alimentos la cantidad de plomo que entra al organismo de los niños es de 150 microgramos en 24 horas, muy superior a 6 microgramos que ingresan para una concentración en el aire de 2 microgramos por metro cúbico de aire. La mayor defensa se relaciona así con señalar que la mayor parte del contenido de plomo en el cuerpo es debida a la ingestión de plomo en las comidas y de que no hay evidencias de que esta situación sea muy diferente en los últimos veinticinco años.

En el "Estudio integral sobre la contaminación atmosférica en el valle de Caracas" no se han definido las concentraciones reales de plomo en la atmósfera. Ello ha obedecido a factores diversos entre los cuales se destacan los relacionados con la capacidad del laboratorio para realizar análisis especiales, como los de este tipo, ante otras prioridades establecidas al respecto. Estas se han definido en función de la factibilidad del logro de mejoras a través del control sobre las fuentes móviles.

En nuestro país, la legislación existente es así mismo controversial respecto al límite máximo de tetraetilo de plomo para ser mezclado con las gasolinas. Por resolución del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, año 1958, se estableció 3cc de tetraetilo de plomo (TEP) por galón de gasolina como límite máximo. Por resolución posterior del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, este límite es de 4cc de TEP por galón de gasolina. En la práctica, se ha empleado, a partir de 1958, la cantidad de 3cc de TEP por galón de gasolina. La transformación del tipo de gasolina, gasolina con plomo a gasolina sin plomo, requiere procesamientos más severos en la refinación de crudos y cambios de diseño en los motores para ajustarlos a las relaciones de compresión adecuadas para su funcionamiento. En el caso de la refinación de crudos se requiere de un aumento de la cantidad de crudo a refinar para producir el equivalente de gasolina utilizada por los vehículos automotores actualmente en circulación. Así mismo se requiere más energía por unidad de producción de la gasolina con plomo substituida por la gasolina sin plomo. Esto significa un cambio en el patrón de refinación de crudos en el país. A corto plazo, no se visualiza una decisión política orientada a una reducción del contenido de aditivos de plomo a la gasolina de motor que se re-

finen en el país. A largo plazo, las incertidumbres al respecto se aumentan debido a las decisiones conflictivas relacionadas con los intereses específicos de la industria automotriz, la industria petrolera, las políticas de transporte, el ahorro de combustible o el uso racional del mismo y las de conservación del ambiente, donde el recurso de aire es fundamental, como se expusiera en capítulos anteriores.

En el mercado interno, las necesidades del aumento de la producción de gasolina de alto octanaje se deduce del aumento interanual del número de vehículos en circulación en el valle de Caracas. El aumento de la demanda de esta gasolina de alto octanaje de por sí encierra decisiones técnicas y políticas que van más allá del objetivo de este Informe. Es evidente que un pronunciamiento al respecto nos llevaría a la defensa de la alternativa de una reducción del contenido de plomo en la gasolina de motor, camino que han tomado numerosas organizaciones dedicadas a estudios de investigación y control de la contaminación atmosférica. Sin embargo, esta medida sería inaplicable a corto plazo por las razones mencionadas. No por ello debe desviarse la atención del estudio del problema y de encontrar soluciones satisfactorias, en algunos casos de compromiso entre los diversos intereses implícitos.

Cabe destacar que la cantidad de TEP mezclada con la gasolina de motor equivale a la adición de 0,84 gramos de plomo por litro de gasolina en nuestro país. Esta cifra es substancialmente mayor que la empleada en los países industrializados, donde las cantidades añadidas de plomo se encuentran entre 0,13 gramos y 0,4 gramos por litro de gasolina. Conforme a ello es lógico estimar que, bajo condiciones similares de densidad de tráfico y meteorológicas, las concentraciones de plomo en la atmósfera son superiores en el valle de Caracas a las correspondientes a estas otras regiones comparables.

6.2.8 Tetraetilo de plomo

Como se acaba de señalar, el tetraetilo de plomo constituye el compuesto fundamental para los aditivos de plomo a las gasolinas en nuestro país. Los efectos del TEP sobre la salud de las personas son diferentes a los del plomo inorgánico. Desafortunadamente, la información, acerca de los efectos del TEP sobre la salud de las personas a nivel de estudios sobre problemas de contaminación atmosférica, es incompleta y por lo general se concluye en la necesidad de otras investigaciones. Es de advertir que esta indeterminación no es ocasional y obedece fundamentalmente a la necesidad de atender situaciones de exposición a otros contaminantes, reconocidos por su gran influencia en diversos episodios de contaminación atmosférica, dentro de la amplísima variedad de contaminantes tanto reales como potenciales de la atmósfera. Así mismo, se asume que hay una conversión del tetraetilo de plomo a otros compuestos derivados del plomo, determinables en la forma de material particulado como plomo inorgánico.

La presencia del TEP en la atmósfera del valle de Caracas no se ha determinado y por consiguiente un análisis de la situación existente en el mismo no es posible respecto a este contaminante. Las razones expuestas para el caso particular del plomo son válidas para esta otra situación. A nivel internacional, la mayor preocupación en relación con el TEP se ha orientado hacia la exposición de los trabajadores de las industrias dedicadas a su producción, en las operaciones de mezclado de la gasolina con TEP en las refinerías de petróleo y los limpiadores de tanques de almacenamiento de TEP. En nuestro país, esta preocupación se reduce a los dos últimos casos debido a la inexistencia de plantas de producción de TEP.

6.2.9 Ruido

El ruido, considerado como un problema separado de la contaminación atmosférica o incluido convencionalmente dentro de ésta en este Informe, constituye un serio problema derivado del uso de los vehículos automotores en el valle de Caracas y agravado en algunas zonas del mismo por la presencia de otras fuentes de producción de ruido. En el caso de los vehículos automotores, el promedio global del nivel de intensidad de ruido que le es atribuible se encuentra en el rango de 76 dB—A a 78 dB—A (decíbeles en la red A de medición recomendada en la mayoría de las regulaciones) en el valle de Caracas. Sin embargo, es posible encontrar niveles de intensidad de ruido de 91 dB—A, 93 dB—A, 96 dB—A y 111 dB—A en casos particulares de exposición donde la presencia de motocicletas con “escape libre”, autobuses, camiones para el transporte de carga pesada y vehículos livianos en condiciones defectuosas de mantenimiento contribuyen a esas situaciones. Cabe recordar, como se mencionara en el Capítulo 5, que la respuesta auditiva a una diferencia de 3 dB—A en el nivel de intensidad del ruido es equivalente a la respuesta que se tiene cuando dos fuentes de ruidos, de igual intensidad, se colocan una al lado de la otra. Ello significa que a una duplicación de la intensidad del ruido corresponde una diferencia de 3 dB—A en la expresión matemática de tipo logarítmico según la cual se mide el nivel de intensidad del ruido.

En particular, la presencia de fuentes perfectamente identificables con el problema del ruido en el valle de Caracas presenta en algunos casos condiciones complejas de control, no por su enfrentamiento técnico sino por los medios administrativos para hacer eficiente la autoridad del control. La aplicación de medidas drásticas para sacar de la circulación a todos aquellos vehículos productores de altas intensidades de ruido así como también la vigilancia continúa y permanente en esta materia son los dos elementos fundamentales para comenzar una disminución gradual de los niveles de intensidad de ruido antes mencionados.

Asi mismo, la comprobada influencia de las operaciones en la Base Aérea “General Francisco de Miranda” en la elevación brusca y frecuente de los niveles de in-

tensidad del ruido en el área de influencia de las mismas, concretamente toda la zona este de la ciudad no solamente representada por las áreas donde se hicieron las mediciones, sino también en densos sectores de la población vecinos a esas áreas, hacen necesaria la aplicación de medidas especiales para combatir este problema. Entre éstas surge de inmediato la regulación de las operaciones en el mismo, limitándolas única y exclusivamente para la Fuerza Aérea Venezolana y casos de emergencia para los cuales la ciudad de Caracas cuenta sólo con este aeropuerto.

Dada la importancia que ha venido alcanzando este problema, el MARNR preparó un reglamento para el control de ruidos. Este se hizo entre el cuarto trimestre de 1977 y el primero de 1978, constituyéndose de hecho en un instrumento idóneo para atacar el problema, aún cuando es necesario reconocer que los reglamentos por si solo no solucionan el problema, por perfectos que sean, si no existen las instrumentaciones adecuadas para llevarlos a cabo. Estas no sólo incluyen los elementos relacionados con la autoridad para su aplicación sino también otros más complejos relacionados con la concientización de la población para que ella participe activamente en su solución, más si se tiene en cuenta que una gran porción de ésta es productora y consumidora del riesgo ambiental.

6.2.10 Condiciones de mantenimiento de los vehículos automotores

Las condiciones vigentes, durante la realización del estudio de la contribución de las fuentes móviles en la contaminación atmosférica en el valle de Caracas, indican que el mantenimiento de las unidades automotores desempeñan un papel muy importante dentro de las estrategias de control del problema.

Las condiciones de mantenimiento de los vehículos sometidos a las pruebas de evaluación son deficientes. En particular, los autobuses que operan con combustible Diesel presentan problemas de emisión de humos de alto índice de oscurecimiento. Por otra parte, los vehículos livianos que emplean gasolina de motor se caracterizan por emitir altas concentraciones de CO. En ambos casos los resultados son indicativos de una combustión pobre.

La aplicación de medidas que tengan por objeto obligar a un mejor mantenimiento de los vehículos automotores, cualquiera sea su tipo, surge de inmediato como una acción necesaria para disminuir los problemas de contaminación atmosférica. El llevar a cabo un control de esta naturaleza es de características muy específicas que se presentan en otras secciones de este capítulo. Sin embargo, es conveniente destacar que una medida aislada para el mejoramiento de las condiciones de mantenimiento no resolvería la situación. Estas requieren del acompañamiento por otras acciones. Esto es evidentemente cierto para el caso de los autobuses donde cualquier política de mantenimiento de las unidades res-

Fotografía 7



Violación de normas de tránsito con obstrucción del tráfico en ambas direcciones y sentidos.

Fotografía 8



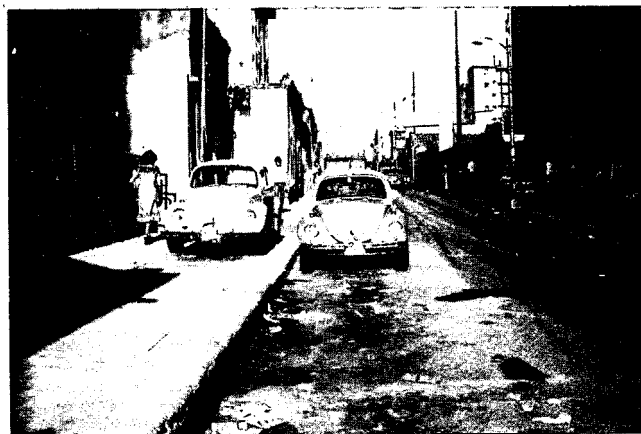
Estacionamiento sobre la acera y volumen considerable de las unidades automotrices, obstruyen el tráfico de vehículos por estrechez de la vía y el paso de peatones por ocupación de la acera.

Fotografía 9



Situación similar a la mostrada en la Fotografía 8 con la diferencia de que la acera no está obstruida.

Fotografía 10



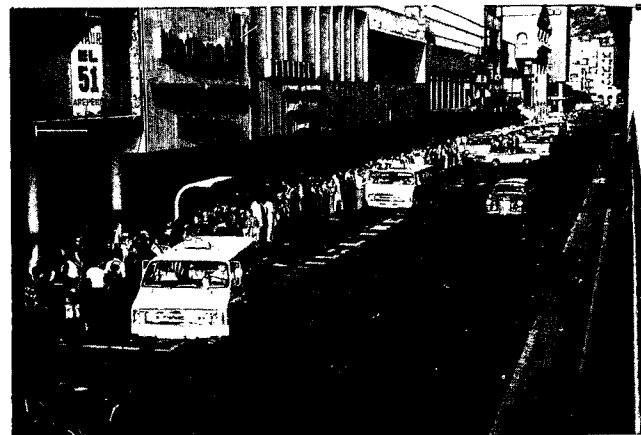
Violación de disposiciones de tránsito. Ocupación y obstrucción debido a ello de la acera por vehículo. Escena muy frecuente.

Fotografía 11



Violaciones de disposiciones de tránsito, vuelta en U, y producción de ruido por motocicletas.

Fotografía 12



Largas esperas por volumen apreciable de pasajeros y transporte colectivo insuficiente para cubrir la demanda.

pectivas corre el riesgo del fracaso si no va acompañada de un mejoramiento en sus condiciones de circulación. Las constantes paradas y arranques, interrupciones de relativa larga duración en su circulación, contribuyen a disminuir y hacer ineficientes los efectos positivos de un buen programa de mantenimiento. Sin embargo, ello no debe constituirse en una excusa para dejar el problema sin solución ante la compleja situación del tráfico en el valle de Caracas.

En el caso de los automóviles, la situación no es identificable subjetivamente. A diferencia de los autobuses donde las emisiones son visibles, las de los automóviles, en el caso del CO, son invisibles. Aún aquellos vehículos de apariencia impecable al ser sometidos a las pruebas de emisión para este contaminante, responden con resultados relativamente alarmantes. El empleo de mezclas "ricas" de aire y combustible es el responsable de esta situación. A través de un programa de ajustes de carburadores para regular las relaciones de aire y combustible se pueden obtener resultados sorprendentes en las disminuciones, al mínimo posible, de las emisiones de CO sin alterar las condiciones de buen manejo del vehículo.

6.2.11 *Tráfico de vehículos automotores en el valle de Caracas*

Una circulación de un elevado número de vehículos de uso particular es la principal característica del tráfico de vehículos automotores en el valle de Caracas. Así mismo, la ocupación por un número muy reducido de pasajeros hace que el número apreciable de vehículos transporten un número de personas relativamente bajo. Así para una circulación, asumida a los fines de visualización del caso, de 500.000 vehículos se tiene que 300.000 son de uso particular y que éstos apenas transportan 480.000 pasajeros (promedio de 1,6 personas por vehículo). De los 300.000 vehículos, 180.000 transportan a 180.000 pasajeros. Evidentemente una reducción apreciable de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas se obtiene de la disminución del tráfico de vehículos automotores pertenecientes a este grupo. Estos vehículos no sólo contribuyen a aumentar los problemas de contaminación atmosférica por su número sino también por el congestionamiento del tráfico en diversas avenidas y calles de la ciudad de Caracas, durante los cuales se aumentan considerablemente las emisiones de CO e hidrocarburos a la atmósfera.

Al comparar la ocupación de vehículos en el valle de Caracas con otras informaciones disponibles de otras ciudades de países industrializados, el patrón es bastante similar. Es decir, la ocupación promedio de 1,6 persona por vehículo obtenida en el valle de Caracas no es diferente de los valores obtenidos en otras regiones del mundo donde los vehículos automotores constituyen el principal medio de transporte. Sin embargo, bajo el sistema similar de comparaciones, las condiciones de circulación medidas según las velocidades promedios de circulación

son muy diferentes. Mientras que en esas ciudades se obtienen velocidades promedios de circulación comprendidas entre 20 k.p.h. y 40 k.p.h., en Caracas la velocidad promedio es de 10 k.p.h.

De acuerdo a las proyecciones incluidas en el Capítulo 5, se puede deducir que el aumento de esta última velocidad a los valores comparables a los antes citados permitirían reducir las contracciones de CO a la atmósfera a cifras 40% a 50% por debajo de las medidas durante la ejecución de la investigación. En consecuencia, un mejoramiento de las condiciones de tráfico de vehículos automotores en el valle de Caracas se presenta como una alternativa para la reducción de las cargas de contaminantes lanzadas a la atmósfera por los vehículos automotores. En secciones posteriores de este capítulo se analiza esta alternativa para este fin.

El mejoramiento de las condiciones de tráfico de vehículos automotores en el valle de Caracas, sin embargo, no es una tarea sencilla. La experiencia de muchos años es la mejor demostración de ello. A pesar de los esfuerzos que las autoridades respectivas han realizado para mejorar esta condición, los resultados no demuestran logros significativos. Estos resultados se entienden como aquellos del mejoramiento, aumento, de la velocidad promedio de circulación en el valle de Caracas.

Numerosos factores contribuyen a esta situación. De hecho, en forma intuitiva se califica que la circulación de vehículos en un gran número de avenidas y calles del valle de Caracas constituye un verdadero tormento para los conductores y pasajeros de esos vehículos. Los resultados presentados en el Capítulo 5 ratifican esa concepción intuitiva.

La ocupación de las diferentes avenidas y calles del valle de Caracas no indica una saturación de sus usos conforme se presentara en el citado capítulo. Sin embargo, los factores no cuantificables que se presentan con mucha frecuencia en este valle, contribuyen a dejar sin efecto todas las medidas que el Gobierno Nacional ha venido tomando para resolver el problema. Entre éstas, se han ensanchado numerosas vías urbanas y se han construido puentes elevados, mejor conocidos como "elevados", para evitar la paralización del tráfico en determinadas intersecciones de calles y avenidas, consideradas como críticas para el mejoramiento de la circulación de vehículos. Sin embargo, los beneficios inmediatos desaparecen rápidamente por la presencia de situaciones similares a las que se trataron de resolver. Este fenómeno, se repite, no es nuevo. En Caracas, con un volumen muy bajo de circulación de vehículos, menos de cien mil, hace veinticinco años se presentaban problemas de tráfico. Hoy día con una población de vehículos automotores, substancialmente mayor, los tiene. Las críticas destructivas acerca del por qué no se hiciera una planificación del desarrollo urbano desde la década de los años 40, creando los espacios necesarios para el desplazamiento y estacionamiento de vehículos automotores, no es ni justificable ni excusa para tratar de resolver no sólo el problema actual sino también, como objetivo fundamen-

tal, resolverlo para las generaciones futuras en la medida que ello sea posible.

Los factores fundamentales, difíciles de cuantificar, que con mayor frecuencia contribuyen a empeorar las condiciones del tráfico de vehículos en el valle de Caracas son, sin darle orden de importancia, los siguientes: la apertura de diferentes centros de trabajo para reparar servicios públicos, luz, teléfono, gas doméstico; el uso indiscriminado de las áreas de circulación de peatones para aparcar vehículos; aparcamiento de vehículos en zonas prohibidas; estrechez de las calles y avenidas para el tamaño de los vehículos que por ellas circulan; la capacidad insuficiente de los servicios de estacionamiento de vehículos existentes en las áreas de mayor necesidad de ellos, provocando así la violación de disposiciones legales recién mencionadas sobre aparcamiento en vías públicas; el descontrol en el mecanismo de algunos semáforos; la ocupación de más de un canal de circulación de vehículos en calles y avenidas por equipos de transporte en operación de carga y descarga de mercancías; igual situación se presenta para los autobuses en el embarque y desembarque de pasajeros; comportamiento humano no acorde con ideas de cooperación para resolver situaciones circunstanciales del tráfico en las cuales intervienen no sólo los conductores de vehículos sino también las autoridades legales, importantes para organizar y coordinar adecuadamente la solución de problemas en un sector, que se transmiten a las áreas vecinas.

6.2.12 Control de las emisiones por medio de dispositivos al efecto

El control de las emisiones de los vehículos automotores a través del empleo de dispositivos para ello representa una de las áreas de mayor atención para tratar de resolver los problemas de contaminación atmosférica. Sin embargo, ante el atractivo comercial que ofrecen estos dispositivos de control es necesario realizar evaluaciones idóneas para la protección de los consumidores. Ello es particularmente cierto en nuestro medio donde diversos factores contribuyen a aumentar el riesgo de colocar dispositivos de control de las emisiones de vehículos automotores que no cumplen con ese objetivo. Aunque no es muy común, se trata la promoción de dispositivos de control en el país que han sido rechazados en los países industrializados, con mayor historia en este tipo de actividad.

Es conveniente destacar que estos dispositivos pueden referirse a dos grupos específicos: los nuevos vehículos y aquellos que se encuentran en uso. De acuerdo a las visitas realizadas a las ensambladoras, instaladas en el país la mayor parte de los vehículos en circulación, de los últimos modelos, tienen incorporados sistemas de control de emisiones desfasados de 2 a 4 años respecto al país de origen. Pero, por razones de atención y mantenimiento de estos dispositivos, su efecto es muy limi-

tado y por consiguiente se puede señalar que el control de las emisiones es inexistente en nuestro país.

En el Capítulo 5 se ha proyectado la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos basada sobre la utilización de los convertidores catalíticos en los vehículos que se ensamblen en el país. La reducción teórica de las emisiones es muy significativa para las diversas hipótesis contempladas en esas proyecciones. Es evidente que el menor tiempo para una reducción significativa se obtiene cuando la desincorporación interanual de vehículos usados es alta, substituyéndolos por vehículos con este tipo de dispositivo de control de estas emisiones.

El uso de los convertidores catalíticos representa un medio de control que requiere de algunas consideraciones adicionales. Fundamentalmente, para mezclas "pobres" de aire y combustible, relaciones superiores a 15,2:1, las emisiones de CO e hidrocarburos se disminuyen debido a la gran cantidad de oxígeno disponible para la combustión. Por otra parte, las emisiones de óxidos de nitrógeno dependen de la temperatura. A bajas temperaturas en la cámara de combustión, el nitrógeno y el oxígeno del aire no producen concentraciones significativas de óxidos de nitrógeno. Ahora bien, las temperaturas bajas se obtienen para mezclas "ricas" y "pobres" de aire y combustible alrededor de la relación estequiométrica óptima.

Para estas situaciones realmente complejas de resolver se añaden las relacionadas con las condiciones de los gases de combustión. Se necesita de altas temperaturas de los gases de combustión para lograr el control de las emisiones de CO e hidrocarburos. Sin embargo, a estas altas temperaturas se aumenta la producción de óxidos de nitrógeno. Resultan, por consiguiente, las incongruencias en cuanto a los requerimientos para el control de diversos tipos de contaminantes. Para resolverlas, el uso de los convertidores catalíticos se convierte en una herramienta útil. Entre éstos, los convertidores catalíticos con catalizadores oxidantes permiten disminuir las emisiones de CO e hidrocarburos debido a su conversión casi total a dióxido de carbono y vapor de agua. Los convertidores catalíticos con catalizadores reductores permiten, a su vez, la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno. La unión de ambos conceptos permitió la proyección del conocido como convertidor catalítico de tres fases, del cual se hiciera mención en el Capítulo 1. Estos funcionan según el principio, según el cual, el catalizador oxidante actúa después del catalizador reductor. Los óxidos de nitrógeno al pasar a través del catalizador reductor se transforman en nitrógeno y agua. La adición de aire en la ruta antes de pasar la corriente de gas de combustión al convertidor oxidante se hace necesaria para la oxidación de los hidrocarburos y CO. Esto para lograr la conversión a dióxido de carbono y vapor de agua. Esta adición de aire causa problemas debido a la posibilidad de una reoxidación del amoníaco que se formaría en el proceso de reducción ya que la conversión no es total a nitrógeno y agua.

Considerando el convertidor catalítico en una forma independiente, él representa una solución a mediano y largo plazo para el problema de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas. Sin embargo, el empleo del convertidor catalítico exige del uso de gasolina sin plomo, inexistente en nuestro mercado interno de gasolina y que requiere de modificaciones en los patrones de refinación de crudos en el país. Por otra parte, los cambios que se operarían en la industria automotriz no resultarían significativos si se parte de la base del hecho de la construcción de motores, diseñados para utilizar gasolina sin plomo. La mayor desventaja se presenta en el aumento del costo del vehículo por la incorporación de un dispositivo de control y los gastos de operación y mantenimiento, concurrentes al uso de un vehículo equipado con convertidores catalíticos.

Por consiguiente, la factibilidad del desarrollo de este tipo de control en el país no sólo depende de la consideración técnica de sus ventajas para la reducción de las emisiones de determinados tipos de contaminantes, CO, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, sino también de la capacidad de nuestra industria automotriz y petrolera para el nuevo tipo de demanda en forma económica y a satisfacción del consumidor.

Actualmente, se realizan proyectos aislados en cada una de éstas áreas de desarrollo industrial del país que requerirán de una coordinación efectiva para contribuir a solucionar problemas que como éste dependen de una definición de la política de control que va más allá del alcance de este informe. Es conveniente señalar que el desarrollo potencial de otros sistemas de control puede presentarse ante el incentivo del desarrollo de industrias nacionales en el campo del diseño, construcción e instalación de dispositivos de control, o métodos alternos para ello, para el control de las emisiones a la atmósfera por el tubo de escape de los vehículos automotores.

En el caso de los vehículos en uso, el control es necesariamente diferente. Si bien la colocación de dispositivos de control luce como un medio para reducir las emisiones actuales de CO e hidrocarburos, la protección del consumidor y la garantía para el país de que realmente se están obteniendo resultados satisfactorios constituyen dos aspectos críticos para llevar a cabo un programa de control que se fundamente sobre este tipo de medida. Así, el refuerzo de las instituciones gubernamentales tanto en aspectos de autoridad, técnicas de evaluación, recursos humanos, recursos físicos de infraestructura tanto de edificios como equipos, entre otros, se hace necesario y fundamental para lograr este objetivo. Debido a su íntima relación con un programa de inspección y mantenimiento se estima no incluir comentarios adicionales. Mayores detalles se presentan en la sección dedicada al citado programa.

6.2.13 *Control de las emisiones por mejoras en el diseño de los motores*

La introducción de nuevas técnicas para la construcción de motores diseñados no sólo para satisfacer los

requerimientos del consumidor sino también para los contradictorios de controles ambientales y de uso eficiente de la energía, constituye una de las áreas del conocimiento científico, plasmado en las técnicas correspondientes, de gran interés en la industria automotriz actual. Así, las consideraciones aisladas acerca de un parámetro comienzan a desaparecer para dar cabida a concepciones más amplias que permitan soluciones integrales según las demandas de diferentes tipos: conservacionistas, comunidad, economía, entre otras.

Así, el uso de motores de alta compresión con mezclas "pobres" de aire y combustible se presenta como una alternativa para el control de las emisiones de los vehículos automotores, satisfaciendo además los otros dos requerimientos mencionados. Sin embargo, se necesita de trabajos adicionales de investigación para llegar a su producción comercial. En nuestro caso particular, las exigencias de gasolina de alto octanaje representa una limitación. Un aumento de la cantidad de aditivos a la gasolina para mejorar sus propiedades antidetonantes representaría un aumento de la descarga a la atmósfera de compuestos indeseables como el plomo. Un cambio en los patrones de refinación del crudo venezolano para ajustarse a los nuevos requerimientos de octanaje representa una inversión que puede ser muy significativa en el desarrollo económico del país. Como éstos surgen otros elementos que requieren de estudios especiales antes de justificar una solución al problema de la contaminación atmosférica sobre medidas cuyos resultados, aunque teóricamente buenos, no están demostrados en la práctica.

6.3 ALTERNATIVAS DE CONTROL

La definición de alternativas de control para reducir las emisiones de contaminantes de las fuentes móviles responde a la necesidad de detener el deterioro de la atmósfera en el valle de Caracas. Como se ha comentado en diversas secciones del Informe, los vehículos automotores constituyen el aspecto de primera importancia en la reducción de la contaminación atmosférica en el citado valle.

Esta definición de alternativas de control ofrece numerosos inconvenientes prácticos en una zona substancialmente desarrollada con criterios heterogéneos y donde no ha existido tipo alguno de control previo, desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, en forma directa sobre la propia fuente o en forma indirecta a través de la adecuada ejecución de actividades y obras favorables para disminuir este tipo de problema en relación con la presencia de condiciones urbanísticas, uso de la tierra, que contribuyen a aumentarlo.

Entre los mayores inconvenientes se encuentran los relacionados con el carácter de las medidas impopulares que generalmente se necesitan para reducir y controlar los problemas de contaminación atmosférica pro-

ducidos por los vehículos automotores. Estas medidas afectan a todos los sectores o estratos de la población en una u otra forma, convirtiéndose en elementos de real conflicto debido a la gran participación del factor humano para encontrar una solución. El controlar las emisiones de una fuente fija, industrial o domésticas, ofrece menos inconvenientes ya que la relación entre la acción de la aplicación de la medida de control es de dos partes únicamente, la del organismo administrativo que la impone y la de la razón social sometida a esa acción.

En forma más amplia el control de la contaminación del ambiente como en el caso de cuerpos de agua, responde por lo general a este último tipo de respuesta y en la gran mayoría de los casos el ejecutor de las obras finales para el control del problema es el propio Estado, como en el caso de la construcción de una planta de tratamiento para las aguas servidas de una comunidad, a título de ejemplo. Es evidente que bajo estas condiciones, la solución del problema encuentra una respuesta favorable de la comunidad porque ella en cierta forma no está incluida como parte de la ejecución del proceso de control aunque ella haya participado en la denuncia del problema y presión pública para que se apliquen correctivos inmediatos. Esto ocurre también con los problemas de contaminación atmosférica originados por los vehículos automotores pero la solución integral ya no depende de dos entes individuales. Por el contrario, depende de una multiplicidad de factores que pueden ser complejos o no en forma unitaria.

El caso del valle de Caracas, es uno de compleja solución. En éste existen condiciones de desarrollo y ambientales adversos para garantizar una solución de un día a otro. Desafortunadamente, las soluciones únicas no existen para este caso y sólo en la medida que se vayan resolviendo problemas de otra naturaleza se obtendrán aproximaciones al control del problema de la contaminación atmosférica. Así, el problema del tránsito en Caracas, a similitud de otras grandes ciudades del mundo, puede enfrentarse desde diferentes puntos de vista, pero un gran número de las medidas recomendadas para mejorar estas condiciones se hacen inefectivas por las características específicas del valle de Caracas, por la cantidad de recursos técnicos y calidad de los mismos disponibles actualmente y los hábitos arraigados en el comportamiento de la colectividad ante determinadas medidas de control, entre otras, como se observará en párrafos subsiguientes al comentar acerca de las diversas alternativas de control de la contaminación atmosférica por vehículos automotores.

Sin embargo, generalmente se denuncia el problema y se particulariza la solución hacia la ampliación de los sistemas de vialidad urbana, restringiéndose la amplia variedad de factores que intervienen. La aplicación de una solución de este tipo corre el riesgo de transformarse en inefectiva a corto plazo si no va acompañada de otras medidas para reglamentar las transformaciones urbanísticas, propias de todo desarrollo de tipo económico, que aparecen a continuación de una mejora vial en una zona. Esto de hecho, significa la promulgación de

una serie de reglamentos relacionados con el uso de la tierra.

No es el objetivo del Informe tratar en detalles este aspecto que no es de su competencia, pero a la luz de los resultados y a la definición de estrategias probables de control, los planificadores urbanos encontrarán algunos elementos de juicio respecto a la contaminación atmosférica en el valle de Caracas, útiles dentro del marco de referencia presentado en el Capítulo 3.

En general, las alternativas de control para las emisiones de los vehículos automotores se fundamentan en dos grandes grupos de estrategias. El primero es el relacionado con la reducción de las ratas de emisión de contaminantes. El segundo se orienta hacia la reducción del número de kilómetros recorridos. Dentro de cada grupo, una o más estrategias pueden combinarse así como también la de los dos grupos para obtener los resultados óptimos de control deseable de la contaminación atmosférica.

En el primer grupo, entre las estrategias para reducir las ratas de emisión por vehículos automotores se destacan las aplicables a nuevos vehículos, a vehículos en uso y a ambos tipos simultáneamente.

En lo relacionado con los nuevos vehículos, las estrategias usuales son la sustitución del motor de combustión interna que emplea gasolina de motor por otras formas de energía alterna; el uso de la más alta tecnología disponible de dispositivos de control incorporados en cada uno de los vehículos que se ensamblen en el país a partir de una fecha determinada; y, la modificación de los motores de gasolina para mejorar la combustión, reduciendo así la emisión de contaminantes a la atmósfera. En los vehículos en uso, la colocación de dispositivos de control, en la medida que ello sea práctico, es una medida conveniente para la reducción de las emisiones de contaminantes. Así mismo con frecuencia se recomienda la sustitución de la gasolina de motor por otros tipos de combustibles y el empleo de ajustes convenientes en el carburador para modificar la composición de la mezcla combustible. Finalmente, con el mismo propósito de reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, hay medidas aplicables tanto a los vehículos en uso como a los nuevos vehículos que se incorporen a la circulación. Entre ellas se destacan las estrategias de mejoramiento de las condiciones de tránsito y la de los programas de inspección y mantenimiento de los vehículos automotores. Estas son, de hecho, complementarias de las específicas mencionadas para ambos tipos de vehículos.

En el segundo grupo de estrategias, o sea aquellas que tienen por objetivo reducir el número de kilómetros recorridos, se destacan las de mejoras del transporte colectivo; la del mayor uso por unidad de vehículos particular en función del número de ocupantes por vehículo; las de aplicación de restricciones para la circulación de vehículos particulares; las de crear impuestos al consumo de combustibles; las de modificar los horarios de las jornadas de trabajo; y, las de eliminar el tráfico de vehículos automotores en determinadas áreas. Algu-

nas de ellas se han empleado en el valle de Caracas y en la medida que se analicen los alcances de estas estrategias se las presentarán dentro de las secciones siguientes.

6.3.1 Estrategias para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera por vehículos automotores

Como se mencionara, se distinguen dos grupos principales para el ataque del problema. El primero, constituido por los nuevos vehículos y el segundo por los vehículos en uso. Para el primer caso se consideran las estrategias de cambios en la forma de energía; el uso de convertidores catalíticos y reformas en los motores de combustión interna.

A) *Uso de formas de energía diferentes a la gasolina de motor en los motores de combustión interna*

1. VEHICULOS ELECTRICOS

El uso de formas alternas de energía puede considerarse fundamentalmente orientado hacia el empleo de los "vehículos eléctricos". Esta alternativa puede considerarse como la solución del futuro, pero no constituye una solución inmediata del problema. El arte y la ciencia actual para el empleo de este tipo de vehículos no ha alcanzado el grado de desarrollo que asegure el reemplazo de los vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos a corto plazo. En el desarrollo histórico de este tipo de vehículos no ha existido una substancial revolución tecnológica, cuyas razones no son motivo de análisis de este Informe, que obliguen a pensar en la posibilidad inmediata del reemplazo de los vehículos de motor de combustión interna por los vehículos eléctricos. Sin embargo, las consideraciones de una diversificación del uso de diferentes tipos de energía como una respuesta a las políticas internacionales para el uso del petróleo como fuente de energía, permiten adelantar que las investigaciones sobre el uso del vehículo eléctrico recibirán mayor apoyo que el respectivo en el pasado. Por ello, del éxito de las mismas habrá de depender la substitución de los vehículos de motor de combustión interna por este otro tipo.

Hoy día, los vehículos eléctricos son de operabilidad reducida por razones diversas y éstas le dan poca oportunidad para substituir a los motores de combustión interna como medio de transporte.

Las ventajas del uso del vehículo eléctrico son indiscutibles desde el punto de vista del control de la contaminación atmosférica, considerado como fuente individual. Sin embargo el traslado del riesgo de una fuente a otra existe por cuanto la generación de la energía eléctrica necesaria para movilizar a un número substancialmente alto de vehículos requiere de plantas que se constituyen en fuentes fijas de contaminación atmosférica. Esto determina una desventaja del uso del vehículo

eléctrico para algunas regiones. La mayor dificultad de análisis de esta desventaja se encuentra en las limitaciones actuales para determinar la magnitud del aumento de esas emisiones por las plantas de energía eléctrica.

Otra desventaja es la del grado de desarrollo tecnológico en el campo de los vehículos eléctricos en términos de la velocidad desarrollada, rango de cargas de trabajo y tamaño de este tipo de vehículos. Por lo general se concluye que hoy día los vehículos eléctricos son incapaces de reemplazar al automóvil de combustión interna. Sin embargo estas consideraciones se basan en el empleo de acumuladores de plomo-ácido que se debilitan muy rápidamente, requiriendo además recargas repetidas. Este problema se aumenta en condiciones de congestiónamiento de tránsito como los característicos en el valle de Caracas debido a que la alta cantidad de energía consumida en cada arranque no puede ser repuesta durante la corta duración en el desplazamiento normal del vehículo.

Por ello, el éxito probable del vehículo eléctrico descansa sobre el desarrollo de tipos de acumuladores que sean compactos, livianos, de bajo costo y de una alta densidad de potencia. En las condiciones actuales, el empleo del acumulador plomo-ácido determina que el mayor volumen del vehículo sea ocupado por los acumuladores, dejando muy poco espacio para los ocupantes y produciendo un consumo de energía alto. Ello se debe a su tamaño, peso y número de acumuladores necesarios para completar un determinado recorrido. Una desventaja adicional es el alto costo de cada acumulador. Por consiguiente, el costo de mantenimiento de un vehículo eléctrico se aumenta por el reemplazo de los acumuladores. De hecho, un análisis económico es obligatorio para cada localidad donde se trate de imponer este medio de transporte.

En algunos casos, el reemplazo del acumulador plomo-ácido es impráctico debido a la escasez y al alto costo de sus posibles materiales reemplazantes. En esta categoría se encuentran los acumuladores de plata y zinc. En otros casos, las temperaturas necesarias para el funcionamiento de los acumuladores son muy altas (aproximadamente 300 °C). Estas determinan necesidades de aislamientos no sólo para el calor por radiación sino también de los riesgos inherentes a una ruptura del acumulador en casos de accidentes. Pertenecen a este tipo los acumuladores de azufre y sodio. El énfasis, por consiguiente en encontrar acumuladores adecuados es de especial consideración en la tecnología básica para el éxito del vehículo eléctrico como una alternativa viable a la del reemplazo del vehículo de motor de combustión interna.

Hoy día, de acuerdo a las limitaciones anteriores, el vehículo eléctrico encuentra mercado en aquellos usuarios que se desplazan poca distancia. Sin embargo, en nuestro país, las perspectivas adicionales como costos de combustible gasolina de motor contra costo de energía eléctrica equivalente no ofrecen incentivos para el empleo del vehículo eléctrico debido al bajo costo de la gasolina y el alto costo global, estimado, de operación

del vehículo eléctrico. En la práctica, el vehículo eléctrico sólo se constituye en un segundo vehículo en los momentos actuales. Esto determina problemas adicionales de espacio para estacionamiento, situación particularmente crítica en el valle de Caracas.

A largo plazo, una vez superadas las limitaciones para el reemplazo de los vehículos de motor de combustión interna por vehículos eléctricos, las condiciones pueden variar pero de hecho habrá una época de transición para lograr esta sustitución total. Esta consideración es independiente de la definición de la política automotriz en el país y según el alcance de ésta, puede retardarse la posibilidad de considerar la alternativa del empleo del vehículo eléctrico. Sin embargo, el desarrollo de este tipo de vehículos es una consecuencia de las presiones relacionadas con la conservación del ambiente y puede ser ésta la actitud de generaciones futuras para modificar su comportamiento consumista de vehículos de motores de combustión interna a usuarios de vehículos eléctricos, aumentando su mercado de consumo y desplazando gradualmente al primero de los mencionados en esta forma.

Sin embargo, cabe recordar que hasta el momento sólo se han presentado prototipos bastante aceptables de vehículos eléctricos que disponen de todos los avances tecnológicos sobre la materia. Estos están provistos de veinte acumuladores plomo-ácido y han alcanzado velocidades de hasta 60 K.p.h. en distancias de 160 kilómetros. Estas condiciones no son óptimas para una sustitución total de los vehículos de motor de combustión interna y por consiguiente, se repite, no constituye una alternativa inmediata de control. Ello significa que es necesario estimular los trabajos de investigación en este campo y por sus ventajas de resolver problemas serios de contaminación en medios urbanos deben merecer el más amplio apoyo en el desarrollo de políticas alternativas de desarrollo de la industria automotriz del país. En estos trabajos también son indescartables los trabajos de investigación relacionados con el impacto ambiental del desarrollo de las nuevas plantas de energía para la operación de los vehículos eléctricos.

En conclusión, los vehículos eléctricos representan una solución del problema de la contaminación atmosférica generado por los actuales motores de combustión interna. Esta solución no se limita a las emisiones de contaminantes como CO, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, entre el amplio número de contaminantes lanzados a la atmósfera por estos últimos sino que también permiten reducir substancialmente el problema de los ruidos. Sin embargo, esta alternativa de solución encuentra limitaciones prácticas para su aplicación inmediata en el valle de Caracas, no sólo porque ella tendría que ser de carácter obligante sino también por las dificultades que ofrece al consumidor el empleo de los vehículos eléctricos en los momentos actuales. Sólo será posible el uso del vehículo eléctrico en la medida que se intensifiquen los trabajos de investigación para resolver los problemas actuales y su uso se haga competitivo con los vehículos que emplean motor de gasolina. Es

obvio que desde el punto de vista de la protección del ambiente es esta una solución deseable a corto plazo aunque se plantee un traslado del problema a las plantas de generación de electricidad, del estudio de su impacto ambiental y de la definición de políticas estrictas para su operación. Sin embargo, por sus características de fuente fija para su control se ofrecen mayores perspectivas de éxito global por las razones diversas mencionadas en parágrafos diversos de este Informe.

2. SISTEMAS DE COMBUSTIBLES GASEOSOS

En el estado actual del arte y la tecnología en el campo del uso de otras formas de energía alternas se presentan obstáculos que por una u otra razón no satisfacen las probabilidades de éxito en el mercado local a corto o mediano plazo. Así, el empleo de sistemas de combustibles gaseosos es un método muy promocionado pero que no ha alcanzado el éxito deseable como alternativa para mejorar la calidad del aire en aquellas áreas donde es factible llevar a cabo una conversión del combustible usual, gasolina de motor o diesel, de los vehículos automotores a combustibles gaseosos, bien en la forma de gas licuado de petróleo, gas natural licuado y gas natural comprimido. En general, la conversión de los vehículos existentes de gasolina de motor a combustibles gaseosos se recomienda para flotillas de vehículos en aquellas áreas donde existen condiciones favorables en términos de combustible y equipos de conversión, así como también cuando los mayores problemas de contaminación atmosférica en las mismas provienen del uso de vehículos que emplean gasolina de motor. Es evidente que esta última consideración es válida para el valle de Caracas. Pero, una serie de factores contribuyen a considerar como desfavorable esta alternativa aún en contra de una serie de ventajas.

Entre las ventajas del empleo de combustibles gaseosos se destacan las reducciones substanciales de las emisiones de los contaminantes típicos: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados y óxido de nitrógeno. Experimentalmente este tipo de demostraciones no se ha realizado en nuestro medio pero, según pruebas hechas en diferentes ciudades de los EE.UU., las reducciones se encuentran entre el 50% y el 85% de las emisiones originales de CO antes de la conversión a combustible gaseoso. Estas reducciones se encuentran entre el 20% y el 80% de las emisiones de hidrocarburos y del 15% al 70% de las emisiones de óxido de nitrógeno.

Las notables variaciones que se observan en los respectivos rangos obedecen a las diferentes configuraciones de los sistemas de carburación, condiciones antes de la conversión a combustibles gaseosos del sistema de carburación, tipo de combustible gaseoso y motor específico. Constituye esto una ilustración de la magnitud de

las reducciones de emisiones de contaminantes que razonablemente pueden esperarse de una conversión en el uso de combustible, de gasolina de motor a combustible gaseoso, y de las complejas características que limitan las predicciones del comportamiento real acerca del efecto global de la reducción de emisiones por medio de esta alternativa de control.

Sin embargo, es necesario hacer observaciones adicionales. Los motores específicos para tomar ventajas de la capacidad de la reducción total de emisiones de los combustibles gaseosos no se fabrican y las garantías en la operación de los motores convencionales, de combustión interna, convertidos del uso de gasolina de motor a combustibles gaseosos no existen para los casos de funcionamiento anormal de estos motores. De hecho, esto significa un programa de rediseño de los motores para optimizar el uso de combustibles gaseosos.

En el caso de los motores existentes, los componentes para la conversión a combustible gaseoso provendrían de diversas fábricas foráneas mientras se desarrollase la capacidad técnica y operacional en el país. Esto significa la presencia de algunos desajustes en nuestra economía interna en forma inmediata. A ello se añade que, independientemente de esta consecuencia económica, la eficiencia de estos componentes varían entre sí para bajar las emisiones y mantener simultáneamente condiciones de conducción del vehículo dentro de márgenes aceptables. Por lo general, las conversiones de gasolina de motor a combustibles gaseosos alteran las condiciones de conducción del vehículo. Entre ellas, el tiempo de aceleración para pasar de una velocidad a otra aumenta en relación con un vehículo comparable que utilice gasolina.

Desde el punto de vista de economía para los usuarios, la conversión de gasolina de motor a combustible gaseoso representa el hacer modificaciones en el tanque de combustible en las cuales se necesitan inversiones substanciales de dinero. Estas inversiones pueden alcanzar hasta, y probablemente más, Bs. 5.000,00 (año base: 1978) por vehículo. Aun sobre la base de que esta limitación de tipo económico, social y políticamente inconvenientes, fuesen aceptadas en virtud de sus beneficios para reducir la contaminación atmosférica se presentan otros elementos negativos. El principal está constituido por la infraestructura necesaria para el empleo de este sistema de combustible. Esta infraestructura es costosa si se mide en función del equipamiento necesario para su distribución manejada en forma segura. Las medidas de seguridad necesarias para garantizar que no se produzcan accidentes fatales son mayores para los combustibles gaseosos que para la gasolina de motor. Si bien es cierto que la gasolina es un material peligroso, las medidas de seguridad para su uso han mejorado notablemente y el número de accidentes causados por esta fuente se puede estimar como relativamente bajo. Los factores contribuyentes a la identificación de una posibilidad de accidentes están representados por el olor característico de la gasolina y su visible evidencia de filtración cuando ella ocurre en alguna instalación en

particular. Un caso ilustrativo de esta situación se presentó recientemente en los alrededores de la Plaza Venezuela. En el caso de los combustibles gaseosos, estas identificaciones son imposibles. Esto aumenta considerablemente el cuidado necesario para prevenir accidentes con los combustibles gaseosos. Por otra parte, el empleo de éstos requiere de tanques de almacenamiento provistos de elementos para someterlos a altas presiones. Por consiguiente, se necesitan cuidados adicionales para asegurar que el sistema completo de combustible se encuentre libre de filtraciones.

En conclusión, los problemas de seguridad envueltos en los equipos de almacenamiento y distribución del combustible gaseoso contribuyen a descartar su empleo en gran escala. De hecho no se excluyen las situaciones en las cuales los combustibles gaseosos se emplean, bajo condiciones voluntarias para ello, en flotillas de vehículos, convenientemente controladas desde el punto de vista de seguridad. Sin embargo, su efecto global en la reducción del problema de la contaminación atmosférica es insignificante por el bien conocido hecho del poco número de vehículos sujetos a este sistema de operación comparado con el gran volumen de vehículos de uso particular.

3. CONVERSION DE LA GASOLINA DE MOTOR A COMBUSTIBLE DIESEL

Este tipo de conversión, día a día cuenta con mayores simpatizantes. Sin embargo, los motores diesel presentan algunas limitaciones tanto técnicas como de economía y proyecciones de nuevos problemas de contaminación atmosférica. Entre estas limitaciones se encuentran la de mayor peso para una potencia dada, el mayor costo comparado con un vehículo de gasolina de motor de la misma potencia y el aumento considerable de las emisiones globales de óxido de nitrógeno que contribuirían al aumento potencial de las reacciones fotoquímicas en la atmósfera, así como también aumentos significativos en las concentraciones de óxido de azufre, malos olores y la presencia de material particulado en proporciones tales que convertirían el problema actual a otro de magnitud mucho más compleja. Si se toma en consideración que actualmente si bien es cierto que existen concentraciones de óxidos de azufre y de material particulado en algunas áreas del valle de Caracas por encima de valores de control de calidad del aire en países industrializados, estas concentraciones globalmente consideradas para todo el valle de Caracas se encuentran debajo de los límites máximos permisibles en esas legislaciones. Estas condiciones desaparecerían y contribuirían a cambiar totalmente el cuadro de la composición de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas, entorpeciendo de hecho las acciones futuras para controlar los problemas visualizados hasta el momento. No debe descartarse además el hecho de que la demanda de combus-

tible diesel alcanzaría niveles que difícilmente podría soportar nuestra industria petrolera sin que afectasen los patrones de refinación en un futuro cercano.

En conclusión, cualquiera decisión a este respecto debe estudiarse seriamente a través del Gabinete del Transporte conjuntamente con la representación oficial de Petróleos de Venezuela, Ministerio de Energía y Minas y de la participación de la industria automotriz para reunir todos los elementos de juicio necesarios para determinar la factibilidad de una decisión de esta naturaleza, si por razones de orden político, económico y social, unidos a la preservación del ambiente, se considere como una alternativa viable, la cual de acuerdo a lo antes expuesto no se considera conveniente en este momento.

B) *Uso de convertidores catalíticos*

El uso de convertidores catalíticos presenta una perspectiva de control que de acuerdo a las proyecciones presentadas en el Capítulo 5 permitirán una reducción substancial de las emisiones de CO, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. Estas reducciones son variables y dependen de los patrones de incorporación de nuevos vehículos, con el convertidor catalítico de tres fases instalado; la desincorporación de vehículos usados, sin dispositivos de control; y, de la fecha de inicio de la circulación de vehículos con convertidores catalíticos. Las proyecciones del Capítulo 5 se hacen sobre la hipótesis de que estos dispositivos de control comenzarán a utilizarse a partir de los modelos de automóviles del año 1980. Conforme a ellas, a partir de mediados de la década de los años 80 serían alcanzables reducciones de emisión de contaminantes, principalmente CO, realmente substanciales en relación con las emisiones actuales. Sin embargo, como se mencionara en este capítulo, esta estrategia de control lleva implícito el desarrollo de otras actividades y definiciones muy concretas que unifiquen criterios en las políticas sobre industria automotriz, industria petrolera y metas de desarrollo económico seriamente comprometidos dentro de una política de protección del ambiente donde los convertidores catalíticos se utilicen como medio para reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera por los vehículos automotores.

En forma independiente, esta estrategia representa un medio de control muy atractivo. Las limitaciones del uso de gasolina sin plomo, contenido máximo de 0,01 gramos de plomo por litro de gasolina, contribuyen además a disminuir los riesgos de exposición a plomo. La eliminación casi absoluta de este riesgo sería alcanzable sólo cuando todos los vehículos usados, sin convertidores catalíticos, saliesen de la circulación. Esta transformación en la reducción del contenido de plomo en la gasolina requiere de un cambio en el patrón de refinación de crudos en el país para obtener el octanaje requerido por los motores de combustión interna. Por consiguiente, es necesario que exista la debida unificación de criterios basada sobre el estudio de factibilidad entre la

industria del petróleo y la industria automotriz, con la participación de los entes ministeriales de la administración pública que en una u otra forma, están relacionados con la problemática integral. Entre ellos, se consideran a los Ministerios de Fomento, del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Transporte y Comunicaciones, Energía y Minas como fundamentales en la conformación de una política automotriz y petrolera. Es evidente que, si se hiciesen consideraciones muy detallistas, la inclusión de otros Ministerios sería factible, pero la conformación de un grupo muy numeroso obstaculizaría la obtención de decisiones a corto plazo en materia de políticas específicas necesarias para el control de la contaminación atmosférica por vehículos automotores, antes de iniciarse la ejecución práctica de la medida sobre los fundamentos de su aplicación.

En la definición final de esta política no sólo interviene estos factores técnicos y económicos. Hay otros que no deben escapar de la decisión. Entre éstos, las de limitación de recursos especializados en calidad y cantidad necesarios es importante así como también la de los impactos económicos de la medida, medidos a través de la dependencia foránea para llevar a cabo esta política de control. Para la primera de ellas, la participación del Instituto Nacional de Capacitación de Empleados (INCE) es fundamental en la preparación de recursos humanos especializados. El análisis de la segunda limitación corresponde a los Ministerios de la Economía. Es obvio que ante el concurso de todos estos factores la fecha más temprana de inicio no sería posible para 1980, aun sobre la base de que las consideraciones y opiniones de los diversos sectores fuesen favorables para llevar a cabo este tipo de medida de control de las emisiones de los vehículos automotores. Como es lógico pensar, las consideraciones hechas constituyen la base fundamental de los aspectos críticos que deben definirse antes de entrar en detalles de otra naturaleza. Entre otros, los correspondientes al desarrollo de la infraestructura necesaria para vigilar el cumplimiento de las disposiciones correspondientes. Esta vigilancia es de carácter continuo y permanente. Los detalles están muy vinculados con un programa de inspección y mantenimiento que se analiza en otra sección de este capítulo.

Finalmente, otros aspectos, fundamentales en la decisión final, son los del consiguiente aumento del precio de los vehículos automotores, la durabilidad de los catalizadores y la protección del consumidor que cubren en esta forma los aspectos económicos y de inspección y mantenimiento, así como también su incidencia en la protección de la atmósfera por medio de la reducción de la carga de contaminantes que se le arroja.

C) *Reforma en los motores de combustión interna*

La reforma en los motores de combustión interna constituyen hoy día una tendencia de muchas probabilidades de éxito cuando se toman en consideración los diversos factores que limitan la aplicación de las alternativas de control señaladas en los apartes B y C prece-

dentos. Esta situación es particularmente cierta para nuestro país. Más aún, ello constituye una necesidad para la definición de la política automotriz que por razones políticas, económicas y sociales deberá adaptarse a una serie de transformaciones donde la protección del ambiente y la conservación de los recursos naturales no renovables constituyen elementos de vital consideración.

En principio, los motores de combustión interna deben cumplir requisitos mínimos para su aceptación en el uso en el transporte automotor. Estos pueden resumirse en los de rendimientos, tanto energético como económico, y en los de eliminación, o al menos reducción, de los contaminantes de la atmósfera que salen a ella en los gases de escape. Mencionados en esta forma tan genérica quedan dudas acerca de la serie de factores o en casos mucho más concretos de los parámetros que deberán usarse para la reforma de los motores de combustión interna. Algunos de éstos tienen una relación general con las consideraciones hechas en otras secciones de este Informe. Otros son específicos del vehículo automotor.

Considerando el primer grupo de factores, puede observarse que la tendencia mundial en la fabricación de motores y vehículos se orienta hacia tres polos de desarrollo de técnicas, representadas fundamentalmente por el uso que se le da al vehículo. Estos tres polos están representados por la industria automotriz norteamericana, la europea y la japonesa.

Por las razones de estar nuestro mercado del transporte particularmente orientado hacia las tendencias y técnicas de los mercados norteamericano y europeo se incluyen a continuación ciertas consideraciones necesarias en la posterior interpretación específica de las reformas necesarias en el desarrollo de la industria automotriz en nuestro país, fundamentada bajo los nobles principios de protección del ambiente.

Es obvio en nuestro caso que es necesario mantener una vigilancia sobre los nuevos desarrollos automotrices de la industria japonesa.

En Norteamérica, el vehículo automotor es prácticamente una necesidad y una herramienta de trabajo por las dimensiones de las ciudades, distancias a recorrer y por el tipo de transporte urbano existente, el cual es probablemente consecuencia del uso del automóvil. Tradicionalmente el objetivo de la industria automotriz fue el de producir vehículos más cómodos año tras año sin tomar en consideración otros elementos. A partir de la década de los años sesenta, las regulaciones sobre contaminación ambiental forzaron a la industria automotriz a hacer modificaciones en sus vehículos. Estas modificaciones en parte no consideraron el rendimiento económico. Por ello, se observa que el problema de la contaminación atmosférica causada por los vehículos automotores trata de resolverse en los Estados Unidos con una técnica externa al motor en sí, tal como los convertidores catalíticos colocados en el sistema de los gases de escape, la recirculación de éstos, las bombas de aire, la recolección de los gases del cárter en el múltiple de admi-

sión, dentro de otras técnicas de control de similar tendencia. El buen funcionamiento de estos sistemas y muy particularmente el de los convertidores catalíticos determinó algunas modificaciones en relación con las prácticas tradicionales de operación. Así, como se mencionase en el aparte B, el buen funcionamiento de los convertidores catalíticos, método más efectivo conocido para alcanzar los límites de contaminantes en la legislación de los EE.UU, exige la eliminación del plomo del combustible. Al eliminarlo y reducir el octanaje disponible en la gasolina, la industria automotriz tuvo que reducir la relación de compresión de los motores. La solución del problema de la contaminación atmosférica de esta forma trajo como consecuencia un aumento del consumo de combustible. El aumento de los precios del petróleo a partir de 1974 creó una crisis en el campo energético y la industria automotriz fue obligada a tomar medidas más drásticas con respecto a sus productos. De esta fecha en adelante, la tendencia de la industria automotriz norteamericana es la de reducir el peso muerto en los vehículos, limitar la rata de aceleración de los mismos y las velocidades máximas alcanzables como medidas inmediatas para cumplir con las normas establecidas. Así, el campo de la investigación de motores se abre inmediatamente y la industria automotriz comienza a invertir grandes sumas en esta área. Como una consecuencia inmediata de ello, no aparecen nuevos motores sino modelos más sofisticados de los existentes, donde el encendido electrónico y últimamente microprocesadores para mantener la operación del motor en condiciones muy próximas al punto óptimo de diseño constituyen las versiones más representativas.

Los resultados de las investigaciones mencionadas en relación con el motor en sí no se han puesto en el mercado en una forma masiva. Las áreas de los trabajos de investigación se han orientado hacia los motores con mezclas pobres, o sea, una alta relación aire-combustible, carga estratificada, y cámara de precombustión. Con estas investigaciones se espera aumentar la eficiencia de los motores y conseguir puntos de operación de los mismos que cumplan tanto con las normas de emisión de contaminantes a la atmósfera, establecidas en su legislación, como con las metas de economía de energía.

En la industria automotriz europea el desarrollo es muy diferente de la norteamericana a partir de la segunda guerra mundial. Las calles estrechas en la mayoría de los pueblos y ciudades, el costo del combustible y otras necesidades más imperiosas hicieron que la tendencia de la industria automotriz fuera hacia los vehículos pequeños, compactos, siendo esta una característica determinante de la citada industria. Sin embargo, las distancias cortas, el auge de sistemas de transporte colectivo eficiente y la poca producción de vehículos desviarían los objetivos del uso de los mismos entre Norteamérica y Europa. El vehículo en este último continente se presenta como un elemento de placer o satisfacción personal, siendo las características exigidas al mismo su velocidad y aceleración. Esto se empieza a notar a me-

diados de la década de los años cincuenta con la reaparición de las marcas alemanas e italianas.

Los motores se hicieron pequeños en tamaño pero de alta compresión, alta velocidad, de muy poco peso, para combustibles de muy alto octanaje, con una finalidad muy concreta, la de desarrollar una potencia elevada y mantener una relación peso-potencia en el motor baja. Ello significa que en un volumen muy pequeño se desarrollan altas potencias. El peso y el tamaño del vehículo determinan así un alto rendimiento de número de kilómetros recorridos por litro de combustible. El alza de los precios del petróleo no influyó en la forma tan marcada como lo hizo en la industria automotriz en Norteamérica. Esto ha permitido que los vehículos de procedencia europea sigan teniendo las mismas características de tamaño, peso, velocidad y aceleración. Conscientes de que el problema energético limitará los motores, se han hecho investigaciones sobre otros puntos de operación en la relación aire-combustible y la relación de compresión, así como el uso de combustibles alternos y mezclas de los mismos. En el área de reducción de las emisiones de los vehículos automotores, el mayor énfasis de la industria automotriz europea se refleja en trabajos de investigación encaminados a seguir penetrando el mercado mundial con sus productos.

El problema visto desde la industria petrolera tiene características diferentes y otras consideraciones adicionales al simple rendimiento del vehículo. En general el contenido de gasolina en un barril de crudo promedio de nuestro país, cuando se efectúa una refinación primaria es del 20% aproximadamente, el combustible diesel es de alrededor del 15% y el resto es el residual. Es obvio que de un barril de crudo se puede obtener más combustible tipo gasolina pero para esto hay que hacer una serie de inversiones en procesos especiales que incrementan el costo del producto. Por otra parte, la gasolina es una mezcla bien balanceada de las naftas que provienen de la destilación y sus propiedades dependen de cómo se efectúen las mezclas de ésta y de los componentes disponibles para la misma. Ello significa que si se fija un parámetro de la gasolina, a título de ejemplo el octanaje, y se hace un análisis de los volúmenes a producir de un barril en función de éste, nos encontramos que los volúmenes mayores de combustible son de bajo octanaje y que los de alto octanaje posiblemente no están presentes. Por consiguiente, mientras más alto sea el octanaje menos disponible está y más complejos son los procesos secundarios para obtenerlos. Por esta razón los costos de producción de la gasolina crecen en una forma exponencial con el octanaje. Se ha citado este factor a título de ejemplo, pero no es éste sólo el parámetro predominante al efectuar la mezcla de los diferentes componentes para formar una gasolina. Hay otros factores tales como la volatilidad final de la mezcla, que fijan la producción de una refinería.

En el caso de nuestro país, sus yacimientos de crudo son en general de petróleos pesados. Para la industria petrolera nacional tienen mucha importancia los destilados livianos del crudo porque son éstos los que con la

tecnología y arte de la ciencia actuales permiten la explotación del crudo más pesado y le facilitan su colocación en los mercados internacionales.

A nivel del país, la máxima economía se logra cuando el universo automotriz se ajusta al octanaje óptimo que se pueda producir en la industria. Este será aquel que corresponda a la gasolina más disponible y económica, teniendo en cuenta el rendimiento del vehículo.

Es cierto que un octanaje alto, en un motor apropiado, produce un mejor rendimiento energético, pero desde el punto de vista económico global esto no es cierto por los costos y disponibilidad del combustible. Así, a título de ejemplo, si un vehículo tiene un rendimiento de 8 kilómetros por litro con gasolina regular, 83 octanos (Bs. 0,15 por litro, precio de 1978), el vehículo equivalente que consume gasolina de alto octanaje, 95 octanos, para igualar el costo tiene que rendir aproximadamente 18,6 kilómetros por litro de gasolina y todavía existe el problema de disponibilidad de este último combustible. El consumo de gasolina de 95 octanos es de un 20% del total en Venezuela y hoy día hay dificultades para suministrarla. Por el contrario, si se eliminara este tipo de combustible, la disponibilidad de la gasolina de mediano octanaje aumentaría en más de un 20%. Es de destacar que un aumento del rendimiento de un 20% en un vehículo para 83 octanos equivale a aumentar a 22,5 kilómetros por litro en un vehículo para gasolina de 95 octanos. La diferencia entre ambos casos se encuentra en que es más fácil obtener un aumento en el rendimiento de un vehículo de 8 kilómetros por litro que en un vehículo de 18 kilómetros por litro, manteniendo como constante la carga útil del mismo.

Es obvio que para la industria petrolera nacional lo ideal sería suministrar un combustible de un solo octanaje o de un rango de octanaje estrecho, para lo cual el parque automotriz debería consumir en su totalidad el mismo combustible. En estas condiciones la solución para el parque automotriz sería que todos los motores fuesen homólogos, pertenecientes a una misma familia, con lo cual se lograrían economías adicionales a nivel nacional.

De las consideraciones presentadas a título de ejemplo en los párrafos precedentes y de aspectos generales de funcionamiento de los motores de combustión interna, descritos en el Capítulo 2, puede interpretarse que la reforma en los motores de combustión interna es una tarea relativamente compleja. La reforma hay que hacerla no sólo para el motor, considerado como una unidad independiente, sino también para el conjunto motor-vehículo. Por consiguiente, el grado de investigación local para efectuar las reformas conducentes a una mejor combustión y por ende a una reducción de contaminantes arrojados a la atmósfera, debe descansar sobre la fijación de una serie de parámetros que tomen en cuenta el uso del vehículo, el combustible disponible, los reglamentos acerca de emisiones de contaminantes a la atmósfera para protección del ambiente, las regulaciones de tránsito, las expectativas del consumidor en relación con la fácil conducción y economía de los vehículos,

entre posiblemente un grupo bastante numeroso de características deseables del vehículo. Es evidente que estas reformas no se efectúan de un día a otro. De serlo, es obvio que ya se dispondrían de estos vehículos en virtud de los esfuerzos de investigación realizados en otros países de mayor historia en el campo de la industria automotriz que el nuestro.

En el conjunto de parámetros por definir se encuentran:

1. La relación de compresión. Esta determina fundamentalmente la eficiencia térmica y el tipo de combustible a utilizarse.
2. La relación aire-combustible. Por medio de ésta se determinan la eficiencia térmica y los contaminantes en los gases de escape (monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno) así como también se modifica la relación de compresión para un mismo combustible.
3. Cilindrada o desplazamiento. Según ésta se determina la potencia obtenible de acuerdo a los criterios anteriores y las revoluciones por minuto.
4. Las revoluciones por minuto. Por su intermedio se determinan el tipo de combustible, la potencia y la vida del motor.
5. La carga útil del vehículo.
6. La relación carga útil a peso muerto.
7. Rendimiento en kilómetros por litro
8. Máximo de emisiones de contaminantes en los gases de escape.
9. Aceleración. Esta permite fijar el tiempo para alcanzar una velocidad establecida a partir del vehículo estacionado y permite, además, determinar el tamaño del motor. Este parámetro puede fijarse en base a la utilidad del vehículo.
10. Relación peso-potencia.

En el caso de haberse determinado los primeros cuatro parámetros precedentes, el número de cilindros de un motor no significa nada para ese motor que tenga que ver con su rendimiento, la contaminación del ambiente o potencia (tamaño) del mismo. Su mayor influencia está en la curva del momento torsor (par) del motor, el cual se hace menos pulsante, y en la manejabilidad del vehículo que lo usa al producir una marcha más suave. Si el número de cilindros de un motor se aumenta manteniendo las dimensiones del cilindro igual, la potencia aumenta proporcional a éste. Por esta razón, en motores de una misma familia se controla la potencia aumentando el número de cilindros, lo que equivale a aumentar la cilindrada. Por el contrario, fijada la cilindrada, al aumentar el número de cilindros se corrige un poco la curva del par y se aumenta la suavidad de marcha a expensas de un aumento del costo debido a las modificaciones necesarias en la máquina y complicación mecánica del motor.

En el grupo de los parámetros del 5 al 8 para poder compararlos entre diferentes vehículos y marcas hay que fijar una base común de medición, o lo que es lo mismo, hay que fijar un ciclo de prueba, el cual debe ser representativo del uso que se le va a dar al vehículo. En general, como se indicara en la definición del ciclo de manejo en el Capítulo 4, un ciclo consiste en fijar un programa de aceleraciones, marcha en crucero, desaceleraciones y períodos de detenido en mínimo que sean lo suficientemente largos para evaluar el vehículo en varias condiciones de marcha. Estos ciclos se suelen presentar para tres tipos de marcha, a saber: manejo normal (urbano); manejo en autopista (inter-urbano) y velocidad constante.

El combustible usado en estas pruebas debe ser de composición química conocida, de propiedades físicas estables y repetitivas y su almacenamiento debe ser a muy baja temperatura a fin de evitar la evaporación de componentes volátiles. De hecho, esto determina la necesidad de fijar normas para llevar a cabo estas comparaciones. De hecho, sólo se pueden comparar los parámetros de los vehículos cuando se han fijado el ciclo, el combustible y las condiciones para efectuar las pruebas. De los resultados que se obtengan es posible tomar decisiones sobre los mismos.

Es de hacer notar un hecho importante y es que estos parámetros dependen de la relación de la transmisión del vehículo y que ésta depende a su vez de la zona en la cual se va a usar. Para la zona montañosa accidentada se requiere una transmisión totalmente diferente que para un terreno llano, siendo por tanto los rendimientos un poco diferentes.

Los parámetros 9 y 10, citados, no están sujetos a ciclos y combustibles. Para una industria de motores y un mercado reducido como el existente en el país, lo más conveniente es que los motores de diferentes familias formen una familia homóloga, es decir, se diferencien solamente en el número de cilindros y su potencia variará de acuerdo a éstos. La ventaja es que los motores de la misma familia usan gran cantidad de piezas iguales tales como pistones, anillos, bielas, válvulas, entre otras. Asimismo, y lo que es muy importante, todos usarían el mismo combustible. Por consiguiente, al seleccionar una familia de motores para el parque automotor se obtiene un rendimiento económico a nivel más elevado, constituyendo de igual forma un factor muy importante para la industria petrolera nacional.

De hecho, para establecer una política automotriz que armonice todos los sectores involucrados en la misma es necesario coordinar a todos los entes oficiales y privados comprometidos en esta función. En esta materia se han hecho adelantos al crearse en abril de 1978 el Gabinete del Transporte, cuya función es la de plantear al más alto nivel del Estado, la planificación y coordinación integral del sector, así como el seguimiento y control ejecutivo de los proyectos prioritarios del sector público y la orientación de la actividad privada, de acuerdo con lo establecido en el Plan Nacional del Transporte. Para su funcionamiento se conformará un orga-

nismo consultivo que es el Consejo Nacional del Transporte, presidido por el Ministerio de Transporte, en el cual participan representantes del sector oficial, las cámaras y federaciones que agrupan a los empresarios y trabajadores del transporte, así como expertos en la materia. El objetivo fundamental de este Consejo es la incorporación del sector privado al proceso de toma de decisiones y mantener una coordinación e información permanente entre los entes y personas involucradas en la materia del transporte. De hecho, el Gabinete del Transporte, creado por decisión presidencial, como se mencionó en abril de 1978, determina un elemento de vital importancia en el futuro del desarrollo de las estrategias de control necesarias para armonizar todos los sectores involucrados en la solución de los complejos problemas relacionados con la política automotriz del país. En su seno, este Gabinete reúne a los Ministros de Transporte y Comunicaciones, Desarrollo Urbano, Ambiente y Recursos Naturales Renovables, Defensa, Relaciones Exteriores, Fomento y Cordiplan.

Es evidente que armonizar los diversos sectores constituye de por sí una tarea bastante compleja si se tiene en cuenta los intereses específicos de cada uno de los integrantes del grupo. Esto es particularmente cierto cuando se habla de las reformas en los motores para mejorar las condiciones de combustión y por ende reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

Tareas específicas se le abren al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, quien conjuntamente con el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social deberá fijar criterios relacionados con la calidad del aire y límites de emisión de contaminantes a la atmósfera por esta fuente. En secciones posteriores de este capítulo se recomiendan normas al respecto.

D) *Mejoramiento de las condiciones de tráfico*

Como se mencionase al comienzo de este capítulo, con el mismo propósito de reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, hay medidas aplicables tanto a los vehículos en uso como a los nuevos vehículos que se incorporen a la circulación. El mejoramiento en las condiciones de circulación de los vehículos automotores representa esta alternativa.

Históricamente, las soluciones convencionales para los problemas de congestión del tráfico se han orientado hacia la adopción de medidas que mejoren el flujo de vehículos. Entre las soluciones más comunes se encuentran el mejor señalamiento, prohibición de estacionamiento de vehículos en las calles, principalmente durante las horas diurnas, los cambios de horario en las jornadas de trabajo, los desvíos del tráfico de vehículos o rutas alternas para su circulación con el objetivo de evitar los congestionamientos, la ampliación de las vías de circulación, el control de la circulación de vehículos por medio de semáforos sincronizados y posiblemente de otras medidas consideradas como efectivas para mejorar las condiciones del tráfico en un momento dado.

Como se indicara en el Capítulo 1 y se comprobare en el Capítulo 5, el mejoramiento de las condiciones de circulación de los vehículos automotores, de combustión interna, medido por el aumento de la velocidad promedio de circulación de los vehículos automotores constituye un medio eficiente en la disminución de niveles de concentración de algunos contaminantes en la atmósfera. Los vehículos de motor de combustión interna, de encendido por chispa, producen más contaminación atmosférica en una localización dada cuando se desplazan lentamente, que cuando lo hacen a velocidades de 35 k.p.h. a 60 k.p.h.

Desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, los beneficios de la obtención de las mejoras sensibles en la circulación de los automóviles son muy limitadas, debido a la corta duración de sus efectos. Es decir, la solución integral del problema a largo plazo no se obtiene aunque a corto plazo es una solución efectiva.

Esta limitación como estrategia de control es una consecuencia del aumento del tráfico que se presenta después de mejorar sus condiciones. De hecho, todas las soluciones para reducir las congestiones por medio del mejoramiento de las condiciones de circulación por sí solas, son temporales. Después de un período de tiempo relativamente corto, para el ajuste a las nuevas condiciones, el tráfico aumenta hasta el punto donde la misma congestión inicial se repite, con la diferencia de que en las nuevas condiciones el volumen de tráfico de automóviles es más alto y por consiguiente su efecto sobre la contaminación atmosférica aumenta. Sólo cuando las mejoras de la circulación de automóviles se complementan con otras medidas para prevenir el aumento del volumen de tráfico, se producen reducciones en la contaminación atmosférica.

En el valle de Caracas, muchas de las medidas mencionadas para el mejoramiento de las condiciones de circulación, se han puesto en práctica, pero por diversas razones la discontinuidad en la aplicación de sanciones drásticas, como para el estacionamiento en zonas prohibidas a título de ejemplo, han permitido agravar la situación día a día.

En el caso de los cambios de horario en el trabajo, alternativa empleada generalmente para mejorar las condiciones de tráfico, no se producen reducciones significativas en la contaminación atmosférica en el valle de Caracas si se toma en consideración que esta medida comenzó a aplicarse dentro de límites razonables de su distribución estratificada en los organismos oficiales y de que la distribución porcentual de los vehículos en circulación se mantiene aproximadamente constante durante las horas diurnas en el citado valle.

Otra medida, generalmente muy recomendable, es la del empleo de desvío o rutas alternas para evitar el congestionamiento en determinadas áreas. Esta estrategia de control en el mejoramiento del tráfico de vehículos automotores en áreas de gran congestión contribuye a disminuir la contaminación atmosférica en el área considerada si se toma en cuenta que la velocidad

promedio de circulación aumenta en ésta, pero no modifica el problema global de toda la región bajo estudio en forma significativa, en el caso particular del valle de Caracas, debido a que el problema se transmite de un sector a otro, gracias al atractivo que representa la circulación fluida. Esto determina un desplazamiento de usuarios hacia estas rutas y en cuestión de muy poco tiempo éstas se congestionan en forma similar a las condiciones de las áreas que se trataron de corregir. En particular, la configuración topográfica del valle de Caracas es desfavorable para una expansión horizontal y el área disponible para la construcción de vías alternas es muy limitada. Así mismo, el acceso a las vías alternas de circulación de vehículos encuentra numerosos contratiempos, productos de una suma de factores que en forma conjunta limitan considerablemente la comunicación de un área congestionada a una ruta alterna de circulación, donde la fluidez del tráfico resulte satisfactoria. En este caso, la gran limitación de áreas de estacionamiento de vehículos contribuye a que éstos sean estacionados en zonas prohibidas. Debido al número considerable de violaciones de estas disposiciones legales, es prácticamente imposible mantener un control satisfactorio a través de operaciones de "remolque", con las consiguientes limitaciones de la capacidad física de la infraestructura disponible para atender este aspecto parcial del problema global del tránsito de vehículos automotores.

E) Programa de inspección y mantenimiento de los vehículos automotores

La inspección y mantenimiento es un programa que se diseña para controlar, mediante informaciones periódicas del estado del vehículo, las emisiones de los automóviles con relación a patrones pre-establecidos y ajustar a estos patrones, o por debajo, a aquellos que no los satisfagan. Debido a la significativa reducción de la contaminación atmosférica producida por los automóviles, este método de lucha contra ella ha adquirido gran importancia hoy día.

Se reconoce que un programa de inspección y mantenimiento es sólo una de las varias opciones para controlar las concentraciones de los contaminantes atmosféricos relacionados con los vehículos automotores. Para condiciones específicas de serios problemas en una región no se puede esperar que una medida aislada lo resuelva totalmente.

Por consiguiente, la consideración clave no está en tomar esta alternativa como la solución del problema en la definición de una estrategia de control de la contaminación atmosférica. Su consideración debe hacerse desde el punto de vista de cuánto se puede reducirla en forma significativa.

Este tipo de programa, además de producir la reducción de la contaminación atmosférica, contribuye a mejorar el funcionamiento de los automóviles y alargar su vida útil en condiciones satisfactorias. Por otra parte, un programa de esta naturaleza es independiente de los diseños de los motores para mejorar la combustión o de

la colocación, o no, de dispositivos de control de las emisiones a la atmósfera en cualquier tipo de vehículos. Aun en el caso de que se disponga de dispositivos de control de las emisiones, éstos al igual que otros componentes del automóvil, requieren de mantenimiento periódico y ajustes.

En particular, los vehículos que tienen dispositivos de control fallan en el cumplimiento de los patrones de emisión para los cuales fueron diseñados por diversas causas. Entre ellas, una de las más comunes es la de que el dispositivo puede desconectarse deliberadamente y los ajustes que se le hacen al carburador afectan el funcionamiento del motor para sus nuevas condiciones de operación. Asimismo, es muy común el incumplimiento de las recomendaciones de mantenimiento de los diversos componentes del motor según las especificaciones dadas por los fabricantes. Por otra parte, es probable que no todos los vehículos al salir de la línea de ensamble cumplan con los patrones de emisión debido a que sólo una parte de ellos se inspeccionan.

En resumen, un automóvil en uso, debe recibir mantenimiento periódico para cumplir con los patrones de emisión de contaminantes. Un programa de inspección y mantenimiento debe velar porque los vehículos se mantengan en condición de funcionamiento conformes con las regulaciones establecidas. Considerado de esta forma, un programa de inspección y mantenimiento es una parte de uno más amplio de control de las emisiones de los vehículos automotores. El objetivo de este programa es aumentar la frecuencia y la calidad del mantenimiento de los automóviles y a través de ellas, reducir las emisiones promedios de contaminantes atmosféricos por kilómetros recorridos.

Es obvio que llevar a cabo un programa de esta naturaleza ofrece ventajas y desventajas desde diferentes puntos de análisis. En primer lugar, su correcta conducción asegura una disminución de la contaminación atmosférica producida por una cantidad dada de automóviles. Esto es importante porque el programa de inspección y mantenimiento ofrece mayores posibilidades de éxito en relación con otras medidas. La experiencia en los países altamente industrializados en este tipo de control, demuestra que es difícil inducir a la gente a hacer menos uso de sus automóviles. Esto no significa que las estrategias de control como las de mejoramiento de las condiciones de tráfico, el aumento del número de pasajeros por vehículos y el control de estacionamiento de éstos, entre otras, sean descartables. Sin embargo, el éxito de estas últimas medidas es muy limitado debido al número reducido de individuos que realmente hacen menos uso de sus vehículos. Por otra parte, el éxito de un programa de inspección y mantenimiento para reducir las emisiones puede evaluarse en función del número de vehículos realmente inspeccionados, los patrones de emisión establecidos y la frecuencia de las inspecciones. Una ventaja adicional de este programa es la de que ofrece incentivos, obligatorios o no, a los propietarios de vehículos para mantenerlos en buenas condiciones de operación. Sólo se requiere que el mantenimiento

necesario se realice. Como recompensa al propietario del vehículo, le provee de un ahorro en términos de un consumo de combustible y de un potencial para funcionamiento adecuado del motor del vehículo a largo plazo y por consiguiente de una mayor vida útil.

Las mayores dificultades para llevar a cabo un programa de este tipo son las inherentes a la infraestructura necesaria, tanto física como administrativa, y a la gran dependencia al factor humano, en todas sus facetas, para que tenga éxito. Sin embargo, este programa se presenta como la medida de control más razonable a corto plazo, no sólo para los vehículos en uso en el Valle de Caracas bajo las condiciones de inexistencia del control de las emisiones de contaminantes atmosféricos sino también para la instrumentación de estrategias de control a largo plazo en conjunción con otras medidas al respecto.

En particular, un programa de inspección y mantenimiento no interfiere significativamente con los patrones socio-económicos de la población y sólo actúa como medio disciplinario para que los motores de los vehículos se mantengan en buenas condiciones de operación. De todas las medidas de control de emisiones de contaminantes a la atmósfera, el programa de inspección y mantenimiento se presenta como el de más probable éxito bajo las condiciones actuales del problema en el Valle de Caracas. Por consiguiente, el presentar algunas observaciones adicionales es conveniente para su mejor comprensión y orientación para llevarlo a cabo.

E. 1 Beneficios de los programas de inspección y mantenimiento

La magnitud de la reducción de las emisiones de los vehículos automotores depende de las condiciones que se impongan al programa. Fundamentalmente, se necesita que los requerimientos mínimos para obtener las máximas reducciones posibles dentro de un programa de inspección y mantenimiento se oriente hacia:

- a) Inspecciones periódicas de todos los vehículos a los cuales se destina el programa.
- b) Asegurar que todos los vehículos que fallen en el cumplimiento de los patrones de emisión reciban el mantenimiento necesario a través de la reparación correspondiente. Una vez hecha ésta, el vehículo debe pasar de nuevo a la inspección.
- c) Medidas de control de calidad tales como mantenimiento de rutina, calibración e inspección de todos los equipos e instrumentos empleados en el programa y la revisión rutinaria de los resultados de las inspecciones para asegurar la idoneidad del sistema de inspección y la precisión de los equipos.

Para cumplir con estos requisitos mínimos, deben considerarse los siguientes factores: la definición del tipo de programa de inspección y mantenimiento, el adiestramiento de mecánicos, los vehículos exceptuados

de la inspección, la frecuencia de las inspecciones, la promulgación de los patrones de emisión y costo del programa.

E. 2 Tipos de programas de inspección y mantenimiento

Hay diferentes modalidades para la ejecución de un programa de inspección y mantenimiento que pueden reducirse a tres tipos fundamentales:

1. Inspección de las condiciones de emisión de contaminantes a la atmósfera por los vehículos automotores en talleres administrados directamente por el organismo oficial responsable de la conducción del programa.
2. Inspección de las mismas emisiones mencionadas en el punto anterior en talleres administrados por contratistas de la organización oficial responsable de la conducción del programa.
3. Inspección similar a las descritas en talleres administrados por particulares y autorizados por la organización oficial responsable de la conducción del programa.

Dentro de estas tres modalidades, se pueden realizar dos tipos de pruebas: una para determinar las emisiones de contaminantes con el motor funcionando en "mínimo" y la otra para determinar las emisiones de contaminantes bajo condiciones simuladas de trabajo del motor, o condiciones de carga. Dependiendo del tipo de prueba que se seleccione, el programa de inspección y mantenimiento presenta diversas condiciones que deben satisfacerse para llevarlo a cabo.

E. 3 Condiciones para llevar a cabo un programa de inspección y mantenimiento

De hecho, los requerimientos mínimos para garantizar que las pruebas sobre los vehículos en uso tengan los resultados esperados desde el punto de vista de control de la contaminación atmosférica, son los de que se realicen en corto tiempo, sean aplicables en vehículos "en caliente" y de que sean capaces de identificar a los vehículos con emisiones altas de contaminantes.

Los dos tipos de pruebas, mencionadas en el aparte E. 2, satisfacen estos requerimientos. El primero, determinación de las emisiones de contaminantes con el motor funcionando en "mínimo", es una prueba de las emisiones por el tubo de escape de gases del vehículo cuando éste se encuentra en "neutro" y el motor trabaja en "mínimo" (400 r.p.m. a 600 r.p.m.). Las emisiones medidas son las de CO e hidrocarburos. A menudo, estas emisiones se miden para velocidades normales y altas del motor en "mínimo" y en "neutro". La prueba a velocidad normal se realiza en el rango de 2.000 r.p.m. a 2.500 r.p.m. En programas minuciosos, los patrones de

emisión pueden establecerse para cada una de estas condiciones.

El segundo tipo de pruebas, determinación de las emisiones de contaminantes bajo condiciones simuladas de trabajo del motor, es una prueba de las emisiones por el tubo de escape de gases del vehículo en una posición de avance de la transmisión, según condiciones simuladas de conducción. Las concentraciones de contaminantes se determinan en diferentes condiciones según un procedimiento específico de pruebas. Para éstas se requiere de una máquina provista de un dinamómetro y equipada con dos rodillos paralelos, los cuales soportan las ruedas traseras del vehículo bajo prueba. Con el dinamómetro se determinan las cargas según las cuales opera el motor del vehículo en la carretera y cuya representación más real se encuentra en el ciclo de manejo típico, tal como se incluyó en el Capítulo 5. Una unidad de absorción de potencia se conecta a los rodillos para simular las cargas de las diferentes fuentes de fricción mecánica y de fluidos encontrados durante la operación en carretera. Asimismo, también pueden acoplarse pesas a los rodillos para simular los efectos inerciales de la masa del vehículo durante las aceleraciones y desaceleraciones. Normalmente, el conjunto recibe el nombre de dinamómetro y "chasis" de prueba. Las emisiones se miden por un procedimiento volumétrico. El empleo de analizadores de emisiones de gases de escape es la denominación más común. El vehículo se hace funcionar en cada fracción del ciclo hasta que las emisiones se estabilizan. En las pruebas más sofisticadas, representadas por las simulaciones de los efectos inerciales, las emisiones por el tubo de escape de gases, se recogen en una unidad denominada Muestreador de Volumen Constante (MVC) para realizar el análisis de las muestras posteriormente y determinar así la concentración de los contaminantes.

E. 4 Selección del método de pruebas

La selección de uno de los dos métodos descritos para las pruebas y de las modalidades para la ejecución del programa de inspección y mantenimiento dependen de una serie de consideraciones. El Método de prueba de las emisiones de contaminantes bajo condiciones simuladas de trabajo del motor es el mejor indicador de las emisiones reales ya que se toman en consideración las condiciones reales de manejo. Asimismo, a través del proceso de simulación, se tiene una mejor información para el diagnóstico del mecánico en los términos de desajustes y funcionamiento defectuoso del motor. Sin embargo, estas ventajas se obtienen a expensas de un costo elevado de la prueba debido a la necesidad de usar equipos muy especiales. A título de ejemplo, un dinamómetro y "chasis" de prueba puede costar a precio de 1978 entre Bs. 60.000 y Bs. 80.000 y cada analizador de emisión entre Bs. 14.000 y Bs. 19.000. Por otra parte, el tiempo necesario para realizar la prueba para un vehículo es considerablemente mayor si se le compara con el correspondiente para la prueba de la determinación de

las emisiones de contaminantes atmosféricos con el motor funcionando en "mínimo"

Para este último caso, se tiene un método sencillo para identificar vehículos con altos niveles de emisión de contaminantes. Así mismo, no se necesita del dinamómetro y "chasis" de prueba. Por otra parte, se requiere de relativamente poco adiestramiento técnico de los mecánicos si se le compara con el tipo de preparación técnica necesaria para realizar la prueba según condiciones de carga.

El tiempo necesario para realizar una prueba es de aproximadamente cinco minutos. En consecuencia, la capacidad anual por línea de inspección para este método es mayor que la correspondiente para la prueba bajo condiciones de carga, donde se requiere de treinta a cuarenta y cinco minutos por prueba.

Por otra parte, la verificación de los niveles de emisión para la prueba en "mínimo" es siempre posible debido a que los análisis son reproducibles. Esta condición es conveniente para la supervisión y evaluación del programa de inspección para cualquiera de las modalidades que se adoptase.

E. 5 Adiestramiento de mecánicos

El adiestramiento de mecánicos es una etapa necesaria para aumentar la eficiencia del programa de inspección y mantenimiento. Asimismo, es un requisito para la ejecución de las pruebas y hacer los ajustes necesarios para un mantenimiento adecuado de los vehículos. Es fundamental que los mecánicos entiendan el funcionamiento y mantenimiento de los dispositivos de control de las emisiones de contaminantes más empleados, además de los parámetros que afectan a las emisiones y como ajustar el carburador y el sistema de encendido del motor para que las emisiones sean mínimas. En la medida que ello sea posible, es necesario preparar manuales específicos para los mecánicos. Estos manuales deben describir los procedimientos, paso por paso para cada tipo de falla en el control de las emisiones. Estas especificaciones se requieren para eliminar las adivinanzas implícitas en los trabajos de reparación mecánica y servir de base para la evaluación de éstos. En nuestro país, el Instituto Nacional de Capacitación de Empleados (INCE), se considera como la institución idónea para ejecutar esta función dentro del plan general de un programa de inspección y mantenimiento que se llevase a cabo en el Valle de Caracas. Es obvio que las necesidades impuestas para aumentar su capacidad de adiestramiento debe ser compensada a través de presupuestos balanceados, suficientes para llevar a cabo esta función.

E. 6 Vehículos exceptuados de la inspección

La reducción global de las emisiones de contaminantes que resultan de un programa de inspección y mantenimiento dependen directamente del número y tipo de vehículos inspeccionados y de los requerimientos para su mantenimiento. Es evidente que el costo del

programa aumenta en la medida que determinados vehículos, por su edad, no pueden ajustarse a patrones de control de emisiones estrictos. Debido al porcentaje relativamente bajo del número de estos vehículos en circulación, es recomendable exceptuarlos del programa. Sin embargo, sobre ellos privarían el criterio de suspenderlos de la circulación cuando emitan emisiones visibles en forma continua. Esta suspensión duraría tanto tiempo como se tarde en corregir las condiciones mecánicas que las producen. En consecuencia, es recomendable exceptuar del programa de inspección y mantenimiento a todos los vehículos anteriores al año 1970 en el Valle de Caracas.

E. 7 Frecuencia de las Pruebas

La mayoría de los programas de inspección y mantenimiento que actualmente se ejecutan en diversas regiones del mundo, se ajustan a una inspección anual, aunque una inspección semestral es la más efectiva. Sin embargo, la frecuencia de una inspección anual se justifica sobre la base de la disminución de los costos de operación del programa global y de hecho tiene una mayor aceptación de los propietarios de los vehículos, individualmente responsables en una fracción de la producción del problema y al mismo tiempo expuestos a sus consecuencias, en relación con la inspección semestral.

Con la inspección anual se obtiene una reducción razonablemente alta, estimada del 20% al 30% sobre las emisiones de CO e hidrocarburos actualmente existentes en el Valle de Caracas, como consecuencia de la circulación de los vehículos automotores sin dispositivos de control de esas emisiones.

Una frecuencia de dos inspecciones por año, una cada seis meses, aumenta considerablemente, como se mencionó, el costo del programa debido a la necesidad de aumentar el número de líneas de inspección, mano de obra y gastos de administración correspondientes. Por otra parte, en una inspección cada dos años se perdería parte de la efectividad de la inspección anual debido a que en esta forma se estaría permitiendo un deterioro mayor de los vehículos.

E. 8 Patrones de emisión

La reducción de las emisiones de CO e hidrocarburos depende del valor o valores que se seleccionen para los patrones de emisión. En el Valle de Caracas la selección de estos patrones es crítica para el CO conforme se analizara el problema de exposición a este contaminante en otras secciones de este capítulo.

A la luz de esas consideraciones la necesidad de promulgar normas para regular la calidad del aire en relación con el monóxido de carbono (CO) se hace evidente, y en consecuencia los patrones de emisión de contaminantes a la atmósfera deben ajustarse a estos requerimientos.

No existiendo disposiciones específicas que regulen las emisiones de contaminantes a la atmósfera, se ob-

tiene como resultado, que las acciones de control no existen realmente. Las tendencias de crecimiento en el número de vehículos en circulación, su influencia en la producción de congestiónamiento del tráfico mayores a los ya existentes en el valle de Caracas y la no regulación de las condiciones de emisión de los vehículos automotores, determinarán, sin lugar a dudas, concentraciones de CO en la atmósfera substancialmente altas, como se ha proyectado en el Capítulo 5. El establecimiento de esta regulación, por lo general, es una decisión de orden político y social basada sobre evidencias científicas. La decisión se basa no sólo en las relaciones técnicas de una rama del conocimiento científico del problema sino también en los factores económicos y posibilidades técnicas, que intervienen en su control.

En legislaciones foráneas se encuentran valores de concentraciones de CO comprendidas entre 9 p.p.m. (10 microgramos de CO por metro cúbico de aire) y 20 p.p.m. (23 microgramos de CO por metro cúbico de aire) para ocho horas de exposición a los fines de establecer la calidad del aire, meta de sus actividades de control de la contaminación atmosférica en relación con este contaminante. El valor seleccionado en una legislación específica no debe excederse más de una vez al año. Para rangos menores, una hora de exposición a CO en la atmósfera el valor máximo permitido es de 35 p.p.m. (40 microgramos de CO por metro cúbico de aire), que tampoco debe excederse más de una vez al año. Es evidente que en el valle de Caracas se está bastante distante de lograr estos valores a corto plazo. Ello será posible a largo plazo, diez años, a partir del inicio de las actividades de control no más tarde de 1982, año más probable para haber llevado a efecto el desarrollo de la infraestructura no sólo física sino también humana para garantizar el éxito del programa. Se estima que sólo un grupo de medidas parciales pueden realizarse en el período 1979-1981 para detener el aumento progresivo de las emisiones de CO en el valle de Caracas. Por consiguiente, a los efectos de la evaluación del programa de control de las emisiones de CO a la atmósfera se recomienda la promulgación de una regulación específica al respecto, estableciendo metas graduales como se señalan a continuación:

- a) Calidad del aire a corto plazo (1979-1981) respecto al contaminante monóxido de carbono (CO). Valores máximos al final del período, que no deben excederse más de una vez al año
 - a.1. Concentración de 20 p.p.m. (23 microgramos de CO por metro cúbico de aire) para promedios aritméticos correspondientes a 8 horas continuas de exposición.
 - a.2. Concentración de 35 p.p.m. (40 microgramos de CO por metro cúbico de aire) para promedios aritméticos de una hora continua de exposición.

- b) Calidad del aire a mediano plazo (1982-1985) respecto al contaminante CO. Valores máximos al final del período, que no deben excederse más de una vez al año.
 - b.1. Concentración de 15 p.p.m. (17 microgramos de CO por metro cúbico de aire) para promedios aritméticos correspondientes a 8 horas continuas de exposición.
 - b.2. Concentración de 35 p.p.m. (40 microgramos de CO por metro cúbico de aire) para promedios aritméticos de una hora continua de exposición.
- c) Calidad del aire a largo plazo (1986-1992) respecto al contaminante CO. Valores máximos al final del período, que no deben excederse más de una vez al año.
 - c.1. Concentración de 9 p.p.m. (10 microgramos de CO por metro cúbico de aire) para promedios aritméticos correspondientes a 8 horas continuas de exposición.
 - c.2. Concentración de 35 p.p.m. (40 microgramos de CO por metro cúbico de aire) para promedios aritméticos de una hora continua de exposición.

Como método de referencia para el análisis de las muestras de aire se establece el Método del Infrarrojo no dispersivo (IRND). Es conveniente destacar que estas metas pueden reajustarse si en los períodos considerados se obtuvieren adelantos tecnológicos, económicamente aplicables, para acelerar las disminuciones de las emisiones de CO a la atmósfera y contribuir a la disminución de la concentración de este contaminante en la atmósfera.

Para permitir que se alcancen estas metas es necesario por consiguiente la fijación de los valores de las emisiones de CO, base para la aplicación e instrumentación del programa de inspección y mantenimiento. Estas emisiones a través del tubo de escape de gases de los vehículos no deben en ningún momento ser superiores al 7%, valor alcanzado actualmente, en promedio, en el valle de Caracas. Sin embargo este valor no ayuda a resolver el problema y en su lugar favorece a su aumento debido al crecimiento interanual del parque automotriz en el valle de Caracas. Por otra parte, una restricción muy estricta, 2% al 3% de CO, exigiría una capacidad de prestación de servicios de reparaciones mecánicas substancialmente grande ya que prácticamente casi el 100% de los vehículos actualmente en circulación en el valle de Caracas requeriría de alguna reparación. Por consiguiente, el mantenimiento necesario es una condición de compromiso entre los beneficios máximos de un programa de inspección y el impacto mínimo, desde el punto de vista social, de la medida. En una primera fase del programa, es recomendable que los patrones de emisión para pruebas en "mínimo" sean de 6% de CO y 1.000 p.p.m. de hidrocarburos en los vehículos de años anteriores a 1972. Para vehículos comprendidos entre

1973 y 1976 se recomiendan los patrones de emisión de 5% para CO y 600 p.p.m. para hidrocarburos. Para los vehículos comprendidos entre 1977 y 1979 se recomiendan los valores máximos respectivos de 4% y 400 p.p.m. A partir de 1980 se recomiendan los valores máximos respectivos de 1,5% y 250 p.p.m.

E.9 Protección del consumidor

Es evidente que para llevar a cabo un programa de inspección y mantenimiento se requiere de previsiones legales bastante estrictas para proteger a los propietarios de los vehículos de los abusos, en todas sus fases, que pueden presentarse en la instrumentación del programa.

E.10 Fecha más temprana de inicio

El inicio de un programa de inspección y mantenimiento requiere del cumplimiento de etapas previas de preparación. Estas incluyen la revisión detallada del programa, la promulgación de las regulaciones legales, el diseño preliminar del programa, el adiestramiento de los mecánicos, la preparación de la información necesaria para ser transmitida a través de los medios de comunicación de masas, revisión del diseño preliminar del programa, construcción de la infraestructura necesaria, selección del sistema administrativo para la conducción del programa, entre otros aspectos que incluirían las consideraciones de tipo económico. La experiencia de los países industrializados orienta en el sentido de que al menos se requiere de aproximadamente tres años para iniciar el programa de inspección y mantenimiento, contados a partir de la fecha que se tome la decisión para ejecutar este tipo de programa. Por consiguiente, se estima que la fecha más próxima, asumiendo un tiempo equivalente para nuestro país para el inicio del programa de inspección y mantenimiento, estaría comprendida entre mediados de 1982 y principios de 1983.

6.3.2 Estrategias para reducir el número de kilómetros recorridos

Fundamentalmente se incluyen dentro de este grupo de estrategias a todas aquellas alternativas que conduzcan a una reducción global del número de kilómetros recorridos en base a una serie de acciones de las más diversas coberturas individualmente consideradas. Entre estas estrategias se destacan, como se mencionara con anterioridad, las de las mejoras del servicio de transporte colectivo, las del mayor uso por unidad de vehículo particular en función del número de ocupantes por vehículo, las de aplicación de restricciones para la circulación de vehículos particulares, las de crear impuestos al consumo de combustibles o en una forma alterna elevar su precio a niveles que favorezcan el uso del transporte colectivo, las de modificación de los horarios de las jornadas de trabajo y las de eliminar el tráfico de automóviles en determinadas áreas. Estas estrategias no agotan el campo en este sentido y constantemente se presentan ideas que conducen a lograr el objetivo antes citado. Sin embargo, las mencionadas constituyen las de

mayor aplicación práctica y cuyo éxito depende fundamentalmente de una serie de factores políticos, sociales, económicos y de comportamiento ciudadano de las regiones o áreas donde se las emplean. A continuación se amplían comentarios al respecto de las estrategias más importantes dentro de este grupo.

6.3.2.1 *Mejoras del servicio de transporte colectivo*

El mejoramiento del servicio de transporte colectivo, individualmente considerado, es la alternativa más atractiva para reducir la contaminación atmosférica por vehículos automotores. Mientras que otros métodos crean inconvenientes o requieren de inversiones substanciales para producir aire limpio, en el caso del servicio de transporte colectivo el aire limpio es un sub-producto. Es necesario reconocer, aun para los más ávidos contratistas de carreteras, que la capacidad de crecimiento de la vialidad urbana en el valle de Caracas prácticamente ha alcanzado su límite de expansión en el casco central de la ciudad y con muy pocas excepciones en casi toda la extensión del valle.

La construcción de autopistas internas en esta ciudad desarrollada urbanísticamente, en la forma como se ha hecho e inmodificable a corto plazo sin que se creen crisis de diversos tipos, es extremadamente difícil. La poca capacidad de las calles y avenidas que comunican con las vías existentes supuestamente de desplazamiento rápido, como la Autopista del Este, Avenida Bolívar, Avenida Boyacá, Avenida Nueva Granada, Avenida Fuerzas Armadas, Avenida Baralt, Avenida San Martín, Avenida Francisco de Miranda, Avenida Rómulo Gallegos, entre las principales, contribuye a que la demanda de tráfico en esos sectores incidan negativamente en cualquier tentativa de mejoramiento global del transporte de automóviles en el valle de Caracas.

La construcción de vías rápidas similares sin la debida modificación de la vialidad urbana de acceso y salida de ellas no permite estimar un mejoramiento significativo de las condiciones de tráfico. Por consiguiente, y muy particularmente para el casco central de la ciudad, cualquier aumento real de acceso a las diferentes zonas del valle sólo puede manejarse adecuadamente por medio de un sistema de transporte colectivo que elimine el potencial aumento de vehículos particulares, de poca capacidad de transporte, previsto para los próximos años.

Por otra parte, debe reconocerse que la cobertura de las mejoras necesarias para atraer a los propietarios de vehículos particulares, que hacen uso de éstos para movilizarse en la ciudad, al uso del transporte colectivo no puede alcanzarse con reformas menores en el sistema existente actualmente. Para hacer atractivo el cambio del vehículo particular al transporte colectivo es necesario una reforma completa orientada hacia la provisión de más y mejor servicio dentro de las rutas actualmente desarrolladas y ampliar el servicio a otras rutas convenientes para que el transporte colectivo se transforme en una alternativa satisfactoria para los

usuarios de vehículos particulares. Para cumplir este objetivo, el sistema de transporte colectivo debe ser seguro, rápido, cómodo, razonablemente económico como lo es actualmente, y gozar de un mantenimiento satisfactorio de las unidades de transporte empleadas. En este sentido, la reciente creación del Gabinete del Transporte, en abril de 1978, es la medida inicial de mayor trascendencia para lograr este objetivo. En la medida que este ente administrativo logre llevar a cabo esta reforma total en el sistema de transporte colectivo, que reduzca el uso de los automóviles particulares, habrá una reducción considerable de la contaminación atmosférica en el valle de Caracas. La principal duda se relaciona con la expectativa general de que este ente no se transforme en un organismo burocrático más del Estado. Esta responsabilidad por consiguiente sólo está en las personas que las circunstancias le encomienden llevar a cabo los objetivos para el cual fue creado.

Para ampliar el entendimiento del por qué un aumento de la cobertura del transporte colectivo existente puede ayudar al mejoramiento del problema de la contaminación atmosférica debe reconocerse en primer lugar que el sistema de transporte colectivo se transforma en una buena alternativa sólo cuando las calles y avenidas se congestionan en tal forma que el uso del automóvil particular es realmente inconveniente para su propietario. Lo contrario ocurre cuando, como consecuencia del mejoramiento del transporte colectivo, signifique un descongestionamiento de esas vías y el volver al uso del vehículo particular se transforma de inmediato en un efecto observable en las ciudades donde el transporte colectivo ha solucionado substancialmente los problemas de congestionamiento de calles y avenidas dentro de ellas. Por consiguiente, se necesitan otras medidas adicionales para desanimar al propietario del automóvil a usarlo como medio de transporte en sus actividades más habituales. De hecho no está en discusión una competencia entre el automóvil y el transporte colectivo sobre la base de viaje por viaje sino sobre la base de un sistema de transporte total contra otro sistema. En consecuencia, los pasos que se den para hacer los viajes individuales más atractivos no tienen un efecto satisfactorio sobre el transporte global. Los pasos más efectivos son aquellos que mejoran la atracción del sistema total. En este sentido, la construcción del Metro y su adecuada instrumentación por medio de comunicaciones a nivel de superficie representa una alternativa de especial importancia para disminuir los problemas de contaminación atmosférica por los vehículos automotores en el valle de Caracas. Es obvio que otras medidas son necesarias para evitar la contaminación del aire en el valle de Caracas por fuentes, como el relleno sanitario de la Fila de Mariches cuando por causas diversas se encuentra ardiendo, que en un momento dado constituyen un problema mayor que los automóviles, o cuando en un pequeño sector del área del valle de Caracas existen problemas típicos de contaminación atmosférica como el funcionamiento de un incinerador en mal estado, el funcionamiento de una industria sin dispositivos

o métodos de control adecuados para sus emisiones, la circulación de un autobús en mal estado, caracterizado por sus emisiones altamente visibles y malolientes, a títulos de ejemplos comunes en esta ciudad.

En el caso del Metro, debe reconocerse que éste sólo será efectivo si sus pasajeros encuentran un medio de transporte rápido para su destino final, asumiendo que éste se encuentre relativamente alejado de la estación del Metro más cercana. Para lograr este objetivo debe crearse una red de tránsito exclusivo de autobuses. La ventaja inmediata de esta transformación es la de que permita aumentar la velocidad promedio de los autobuses y en consecuencia aumentar el número de viajes, movilizandoy mayor número de pasajeros y disminuyendo el número de viajes de los medios de transporte particulares. Dentro de este sistema, el desarrollo de sub-sistemas de radio de acción relativamente pequeños con transferencias, sin pagos adicionales, en sitios apropiados para cubrir todo el valle de Caracas es una estrategia recomendable. Así mismo, el desarrollo de rutas con servicio expreso puede considerarse como complementario y al mismo tiempo atractivo para cambiar el hábito del uso del automóvil por el medio de transporte colectivo.

El mayor obstáculo en el desarrollo de esta red está en el ancho de las calles y avenidas. En muchas de ellas no es posible el tráfico de automóviles y autobuses simultáneamente. Esto es particularmente cierto en el casco central de la ciudad. Por consiguiente, determinadas calles y avenidas tendrán que destinarse exclusivamente a los autobuses. En aquellas vías donde hay tráfico de ambos tipos de transporte es necesario reforzar las medidas de vigilancia para evitar los abusos de uno u otro tipo de conductor. En este sentido se hace necesario llevar a cabo un programa contínuo de educación para conductores de medios de transporte.

Otros de los obstáculos y posiblemente crucial para el éxito de la mejora del transporte colectivo es la sincronización de los viajes para evitar las demoras en los puntos de transferencia.

Es evidente que el efecto exacto de todas las mejoras sobre el tráfico en la contaminación atmosférica depende de lo bien como se lleven a cabo las medidas y la actitud de respuestas del público. Ninguna de estas respuestas puede predecirse con cualquier exactitud pero una indicación de las posibilidades puede mostrarse mirando la situación actual. En ésta, hay dos problemas diferentes de ocupación del transporte colectivo. El primero de una capacidad muy limitada durante las horas consideradas como horas picos, tempranas de la mañana y últimas de la tarde, de tráfico. El segundo, es el de la desocupación apreciable de los transportes colectivos durante el resto del día, aun en presencia de los problemas de tráfico típicos y similares a los de las horas picos.

6.3.2.2 Restricciones al tráfico de vehículos

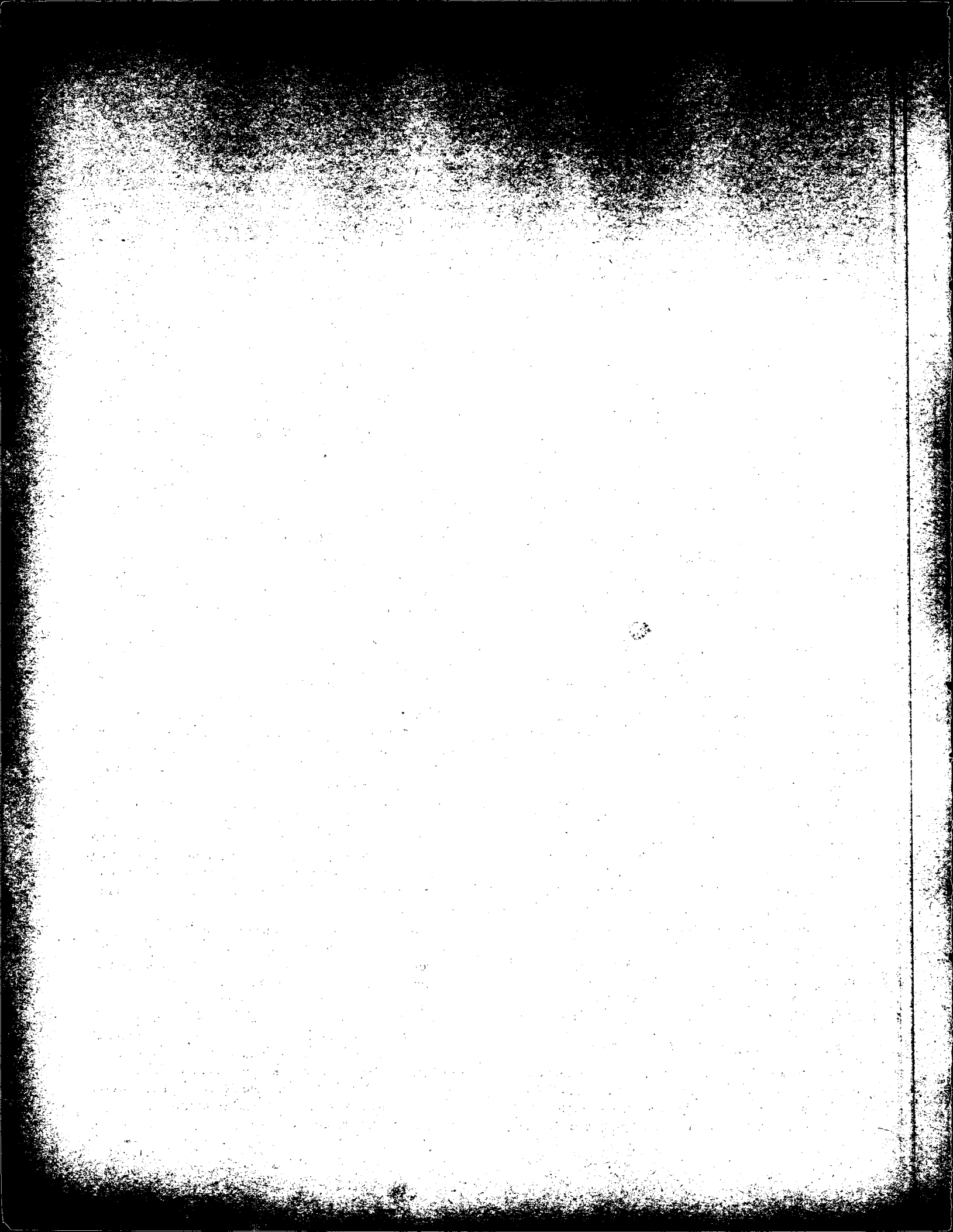
Las restricciones al tráfico de vehículos incluye un gran número de métodos para desalentar o restringir el viaje del automóvil. Para algunos conservacionistas del ambiente y entusiastas del uso del transporte colectivo,

la solución sencilla es la última restricción: eliminar el automóvil de combustión interna. Pero, contrario a aquellos que prefieren más que respuestas sencillas una realística es que tal solución no puede considerarse seriamente ya que significaría resolver los problemas de la ciudad eliminándola. Así en el caso de la contaminación atmosférica debe reconocerse que los problemas arrastrados por años debido al propio desarrollo de la ciudad no pueden desaparecer en forma brusca y de cuyas razones ya se han hecho comentarios extensos en otras secciones de este Informe. En este sentido, las restricciones al tráfico de automóviles deben emplearse como ayudas para instrumentar otras estrategias. Muchas de estas medidas de restricción del tráfico de automóviles requiere de un procedimiento ágil y de sistemas de vigilancia idóneos y capacitados para los propósitos que se persiguen. A título de ejemplo, una medida de restricción al tráfico de vehículos podría ser la creación de impuestos para todos los carros que estacionen en el casco central de la ciudad antes de las 10:00 am. Esto es con la finalidad de provocar un mayor uso del transporte colectivo. Cuantitativamente este impuesto podría ser, por lo menos, el doble del valor del estacionamiento para que tenga resultados positivos y además debe reforzarse la vigilancia para evitar el estacionamiento en calles y avenidas, en una forma efectiva. Considerada en una forma simple esta medida es inadecuada, deducible de los diversos comentarios que se han incluido en otras secciones del Informe, que podrían resumirse señalando que hay una legítima razón por la cual la gente usa sus automóviles hoy día en el valle de Caracas para sus actividades habituales: el transporte colectivo no provee de acceso conveniente a todos los sectores de la ciudad.

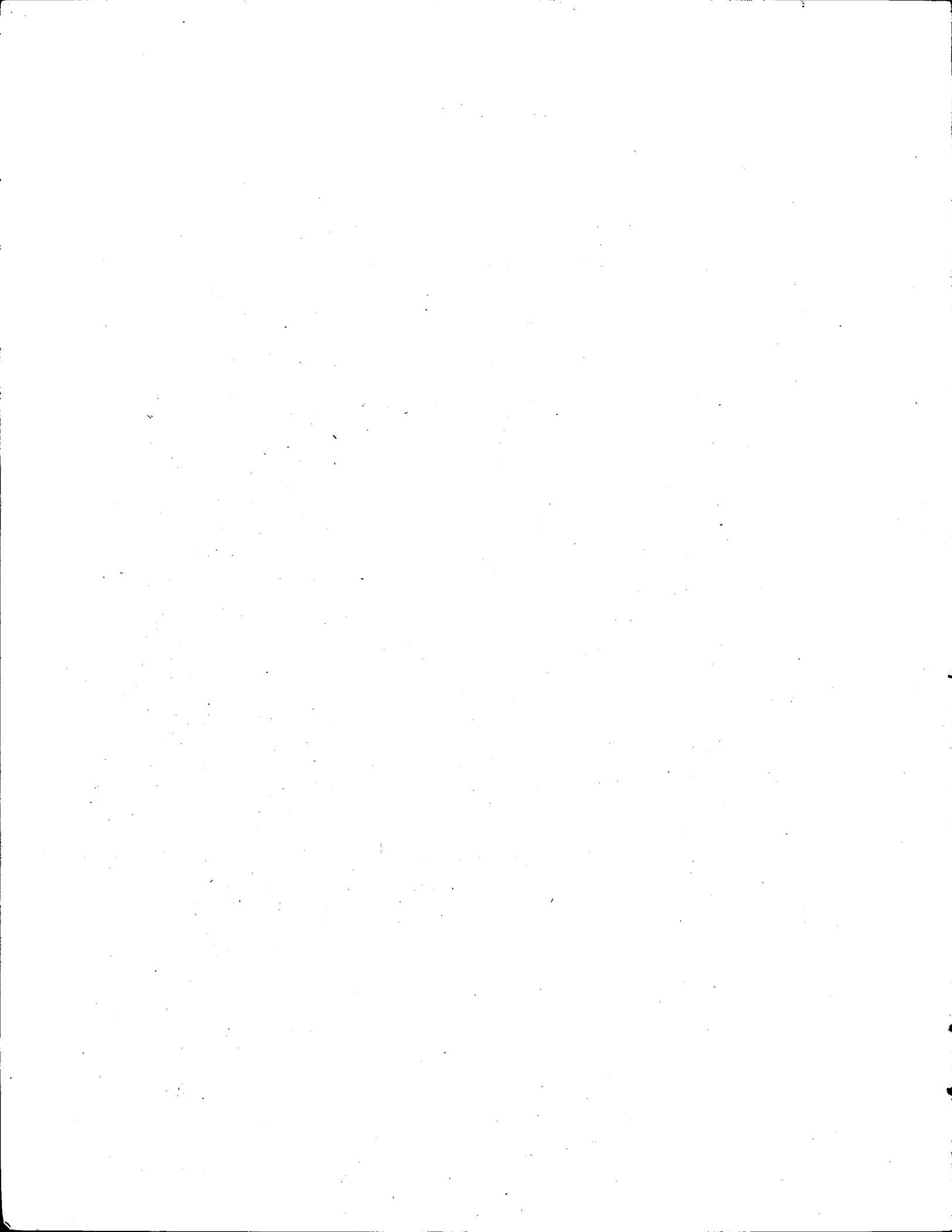
Sólo en la medida que se logre instrumentar otras estrategias de control es cuando se pueden llevar a cabo acciones para restringir el tráfico de vehículos.

De hecho, el aumento del precio de la gasolina constituye una medida de restricción al tráfico de automóviles. Su alcance depende de una serie de factores entre los cuales se destacan los de tipo económico. El beneficio para controlar los problemas de contaminación atmosférica por los automóviles es obvio si se logra que el número de kilómetros recorridos por día sufra un descenso notable como consecuencia de ese aumento. En esta área de control, investigaciones futuras permitirán precisar el alcance de las expectativas al respecto, que actualmente son difíciles de estimar.

Finalmente, las consideraciones fundamentales para la aplicación de restricciones al tráfico de vehículos automotores deben derivarse de las condiciones reales en el valle de Caracas y en ningún momento deben ser trasladados de prácticas foráneas. Se reconoce que éstas son de necesario conocimiento y de posible aplicación, pero antes de que esto ocurra debe estudiarse muy seriamente el impacto ambiental de la medida, que posiblemente resulte efectiva en un área reducida pero que globalmente contribuya al deterioro del ambiente por la transmisión del problema a otras áreas hasta el punto de hacerlo extremadamente crítico.



BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

<i>Autor</i>	Obra
1 / AIR RESOURCES BOARD State of California, U.S.A.	New Car Certification ARB Fact Sheet 44. Febrero, 1976.
2 / AIR RESOURCES BOARD State of California, U.S.A.	Summary of California's Automobile Emissions Control Program. ARB Fact Sheet 5. Abril, 1975.
3 / AIR RESOURCES BOARD State of California, U.S.A.	California's new smog control for 1966-1970 Model ve- hicles. ARB Fact Sheet 14. Octubre, 1975.
4 / AIR RESOURCES BOARD State of California, U.S.A.	Exhaust Emission Control Devices 1955-1965 Vehicles. ARB Fact Sheet 13. Septiembre, 1976.
5 / ALAN M. VOORHEES ASSOCIATES, Inc.	A Guide for Reducing Automotive Air Pollution. Noviem- bre, 1971.
6 / ALAN M. VOORHEES ASSOCIATES, Inc.	Guidelines for Air Quality Maintenance Planning and Analysis. Volume 4: Land Use and transportation Conside- rations. Agosto, 1974.
7 / ALTSHULLER, A. P.	Effects of Reduced Use of Lead in Gasoline on Vehicle Emissions and Photochemical Reactivity. U.S.A. Environ- mental Protection Agency. Febrero, 1972.
8 / ANDERSON, EARL V.	Phasing lead out of gasolines: hard Knoks for lead alkyls producers. C&EN: 12-16. Febrero, 1978.
9 / BARRY, E. G <i>et al.</i>	If autos go to diesel fuel. Hydrocarbon Processing. 56(5): 111-120. Mayo, 1977.
10 / BEATON, Jonh L. <i>et al.</i>	Air Quality Manual-Estimates of Highway Impact on Air Quality. State of California, U.S.A., Department of Public Works, Division of Highways. Abril, 1972.
11 / BROWN, Jr., JOHN C. and COOPER, C. DAVID	The Effects of Relaxed Emissions Standards and Heavy Duty Vehicles on Projected Highway Emissions through 1990. Florida Technological University. 71 st. Annual Meeting of the Air Pollution Control Associations. Junio, 1978.
12 / BURROUGHS CORPORATION	Burroughs B-6700. Information Processing Systems. Re- ference Manual, 1972.
13 / BURROUGHS CORPORATION	Burroughs B-6700. Work Flow Management. User's Guide. 1973.
14 / CACERES P., RAFAEL E. <i>et al.</i>	Informe (por publicar): Contribución de las fuentes fijas de contaminación atmosférica en el valle de Caracas. "Estudio Integral sobre la Contaminación Atmosférica y Ciudades Francisco Fajardo y Diego de Losada". Dirección de Inves- tigación del Ambiente (DISCA), Dirección General de In- formación e Investigación del Ambiente. Ministerio del Am- biente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR).
15 / CHANG, TUI YUP <i>et al.</i>	The Relationship of Vehicle Emission Standards and Air Quality Standards. Ford Scientific Research Staff Report. 1974.
16 / California Air Resources Board	California Air Pollution Control Laws. 1977 Edition.
17 / California Air Resources Board	Automobile and Air Pollution. 1975.
18 / CAMPBELL, K.	The Effects of Gasoline Specifications and test Methods on Present and Future Gasoline Manufacture. The Associa- ted Octel Company Limited. Febrero, 1978.

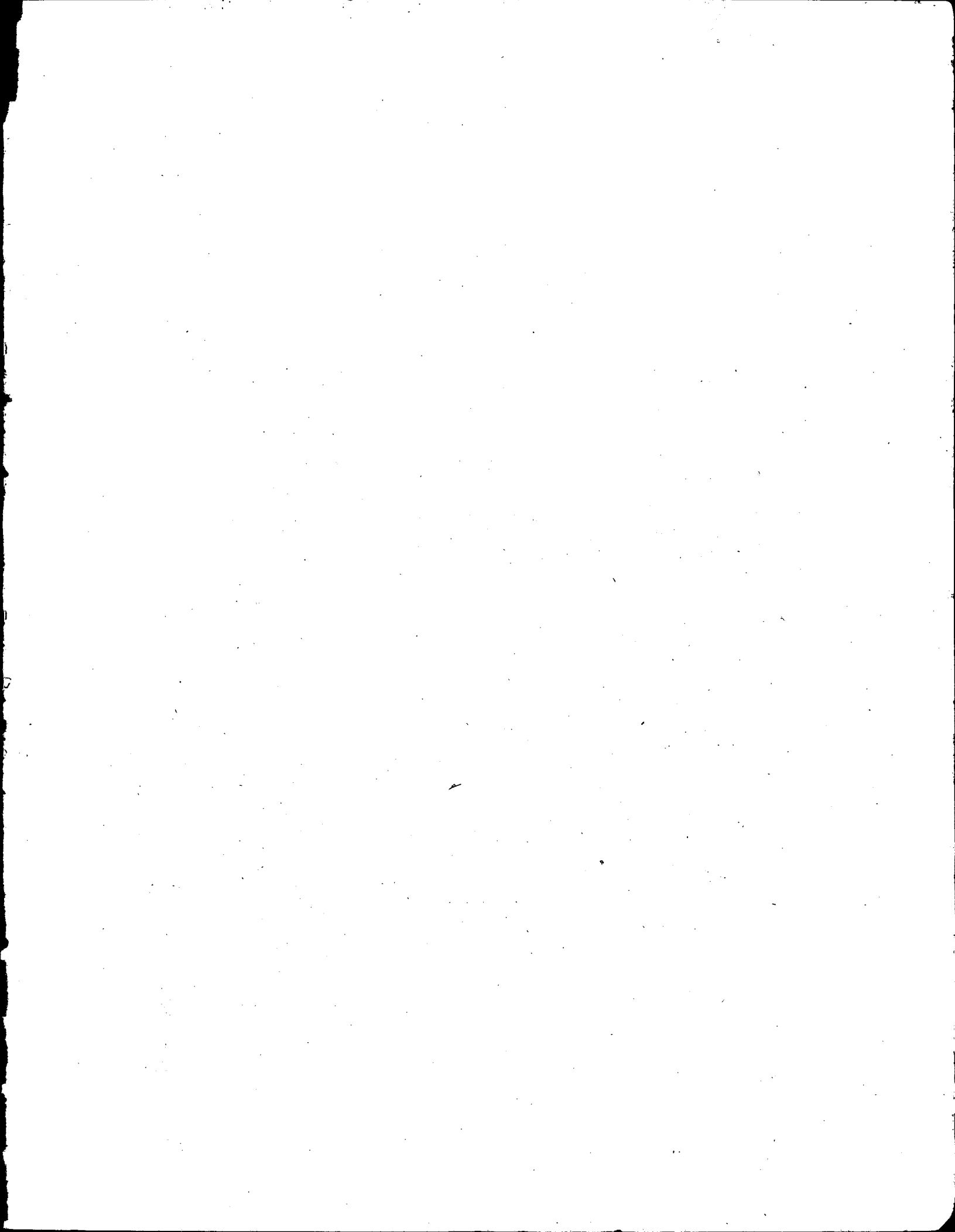
- 19 / CIRILLO, RICHARD R.
and WOLSKO, THOMAS D. **Handbook of Air Pollutant Emissions from Transportation Systems.** Argonne National Laboratory. Center for Environmental Studies. Illinois, U.S.A. Diciembre, 1973.
- 20 / CLARENS, GERALD *et al.* **La Importancia Social del Transporte.** Revista del Colegio de Ingenieros de Venezuela. Año LIV (307/308): 61-66. Diciembre, 1977.
- 21 / CLYNE, THOMAS B. **Reduction of Chicago Area Lead Caused by Changes in Gasoline Usage.** Department of Environmental Control, Chicago, Illinois, U.S.A. 71 st Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Junio, 1978.
- 22 / COLUCCI, JOSEPH
and BEGEMAN, CHARLES R. **Carcinogenics Air Pollutants in Relation to Automotive Traffic in New York.** Reserch Publication GMR-777. General Motors Corporation. 1968.
- 23 / Corporación Venezolana
del Petróleo **Combustible Diesel-ASTM Combusteolo N° 2 (llamado también Diesel Mediano, Gas Oil).**
- 24 / DARTNELL, P. L. **Exhaust Emission Control-Efficient Energy Utilisation. Are they compatible?** JAE 4: 10-16. Diciembre, 1973.
- 25 / DARTNELL, P. L. **Future Fuels and Engines.** The Associated Octel Company Limited. Enero, 1978.
- 26 / DARTNELL, P. L. **Lead and Energy,** Petroleum Review, 29: 168-173. Marzo, 1975.
- 27 / DARTNELL, P. L. **Minimising Crude Oil Usage by Optimising Engines and Gasoline.** The Associated Octel Company Limited. Marzo, 1976.
- 28 / DEININGER, ROLF A. **Systems Analyss for Environmental Pollution Control.** Ann Arbol Science, Michigan, U.S.A. 1973.
- 29 / ENVIRONMENTAL AGENCY
TOKYO **On Reinforced Exhaust Gas Controls Over Automobiles.** Japan Environmet Summary. 5 (2) : 1. Febrero, 1977.
- 30 / Environmental Science and
Engineering and School of
Architecture and Urban Planning **Transportation: Is there a Choice?** University of California, Los Angeles, U.S.A. 1975.
- 31 / ERPELDING, N. L.
and MARCOMBO, S. A. **Reparación y puesta en punto de motores Diesel.** Boixareau Editores, Barcelona, España.
- 32 / FERRIS, Jr., BENJAMIN G. **Health Effects of Exposure to Low Levels of Regulated Air Pollutants, A Critical Review.** Journal of Air Pollution Control Association. 28 (5) : 481-497. Mayo, 1978.
- 33 / FRANKEN, PETER A. **Community Noise. Industrial Pollution.** Bolt Beranek and Newman, Inc. Cambridge, Massachussets.
- 34 / GATES Jr., HOWARD P. and
GOLDMUNTZ, LAWRENCE A. **Expected decline in Carboxyhemoglobin Levels As Related to Automobile Carbon Monoxide Emission Standars.** J. Air Pollution Control Association. 26 (9) : 891-892. Septiembre, 1976.
- 35 / GIBNEY, LENA **Catalytic Convertors: an answer from technology.** Environmental Science and Technology. 8 (9) : 793-799. Septiembre, 1974.
- 36 / GILMORE, TIMOTHY M. **The Need for Representative Ambient Air Carbon Monoxide Sampling.** J. Air Pollution Control Association. 26 (10) : 965-967. Octubre, 1976.
- 37 / GODLEY, N. *et al.* **The Impact of Lead Additives Regulations on the Petroleum Refining Industry. Volume I, Project Summary.** U.S. Environmental Protection Agency. Mayo, 1976.

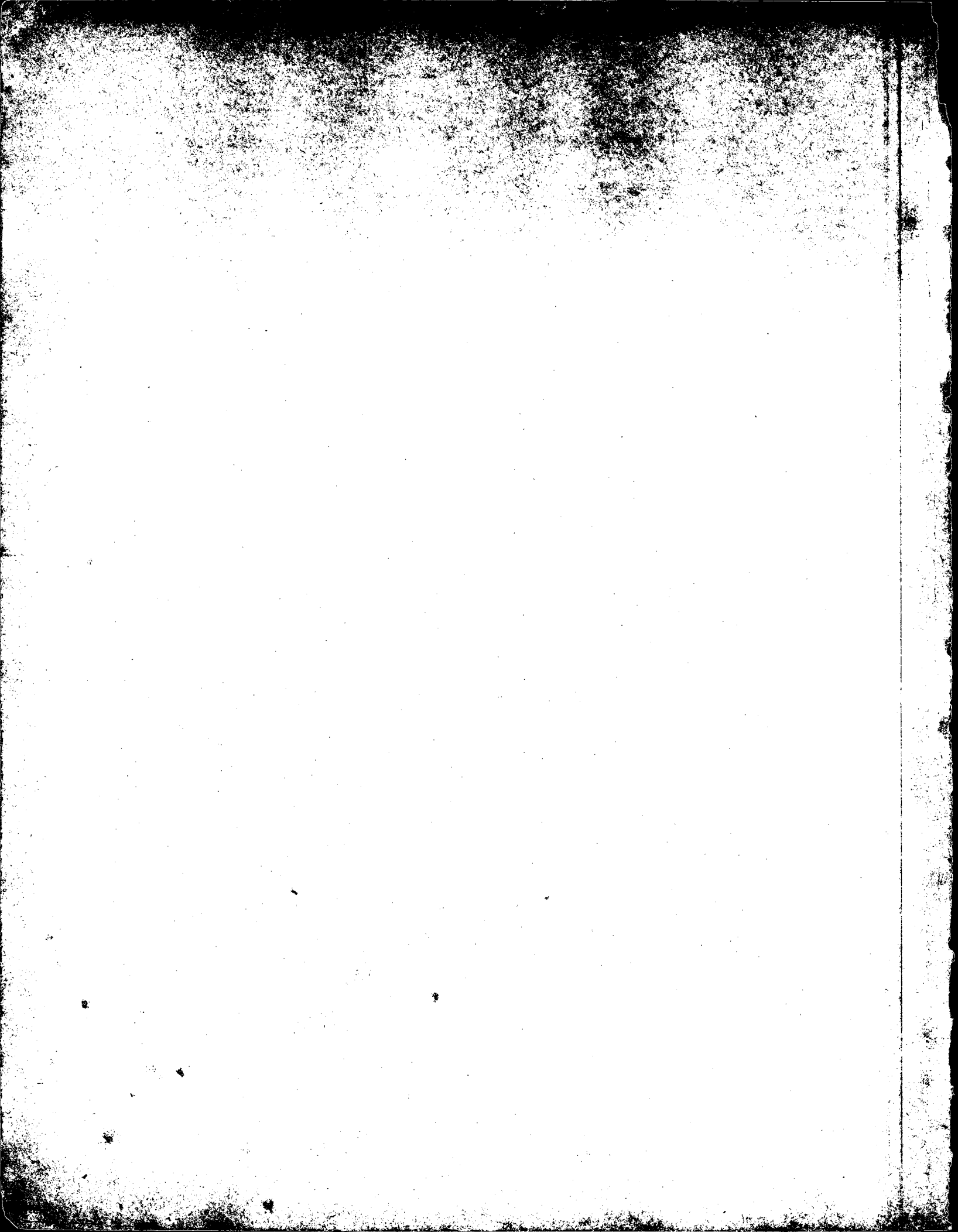
- 38 / GOMPF, HENRY L. **Evaluation of the Air-Jet Device-Air Bleed. Control Device Evaluation Section. U.S. Environmental Protection Agency. Agosto, 1972.**
- 39 / GOMPF, HENRY L. **Exhaust Emissions from Two Passenger Vehicles Equipped with the ADAKS Device. U.S. Environmental Protection Agency. 1971.**
- 40 / GREGOR, JOHN J. **Intra-Urban Mortality and Air Quality: An Economic Analysis of the Cost of Pollution Induced Mortality. U.S. Environmental Protection Agency. 1977.**
- 41 / GUERBER, R. **Motor Diesel. Editorial Gustavo Gili, S. A., Barcelona, España. Segunda Edición.**
- 42 / HACKEMAN, Jr., EDWIN C. **Is an electric vehicle in your future? Environmental Science and Technology. 11 (9) : 858-862. Septiembre, 1977.**
- 43 / HANDY, ROBERT and SCHINDLER, ANTON **Estimation of Permissible Concentrations of Pollutants for Continuous Exposure. U. S. Environmental Protection Agency. Junio, 1976.**
- 44 / HELME, MARCIA P. and PIENTA, WALTER J. **Idle Emissions from New York Vehicles: An Analysis over Five Years. New York State Department of Environmental Conservation. 71st. Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Junio, 1978.**
- 45 / HEUSS, JOHN M. and GLASSON, WILLIAM A. **Hydrocarbon Reactivity and Eye Irritation. Research Publication GMR-747. General Motors Corporation. Abril, 1968.**
- 46 / HOCKER, ARTHUR J. **Limited Surveillance Program to Determine whether early Catalyst failures are occurring in 1976 Model Year Vehicles. California Air Resources Board. Diciembre, 1975.**
- 47 / HOCKER, ARTHUR J. **Report of Atmospheric Pollution Due to Motor Vehicles for the City of Caracas, Venezuela. Proyecto VEN/77/006. Dirección de Investigación del Ambiente (DISCA). Enero, 1978.**
- 48 / HOCKER, ARTHUR J. **Techniques and Equipment Employed in the Testing and Control of Auto Emissions from Used Vehicles. Auto Emissions Control Workshop. Sao Paulo, Brasil. Julio, 1977.**
- 49 / HOCKER, ARTHUR J. **Techniques for Controlling Pollutants Emitted from Diesel and other Motor Vehicles. Auto Emissions Control Workshop. Sao Paulo, Brasil. Julio, 1977.**
- 50 / HOROWITZ, JOEL and KUHZRTZ, STEVEN **Transportation Controls to Reduce Automobile Use and Improve Air Quality in Cities. The Needs, the Options and Effects on Urban Activity. U.S. Environmental Protection Agency. Noviembre, 1974.**
- 51 / Ignition Manufacturers Institute **Procedimientos de afinación y control de la contaminación automotriz. Editorial Diana. México.**
- 52 / Institute of Public Administration and Tekhekron, Inc. **Evaluation Transportation Controls to Reduce Motor Vehicle Emissions in Major Metropolitan Areas. U.S. Environmental Protection Agency. APTD-1364.**
- 53 / JACOBY, HENRY D. and STEINBRUNER, JOHN D., and others **Clearing the air: Federal Policy on Automotive emission Control. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts. 1973.**
- 54 / JENSEN PAUL **Control of Environmental Noise. J. Air Pollution Control Association. 23 (12) : 1208-1034. Diciembre, 1973.**
- 55 / JOHNSON, W. B. *et al.* **An Urban Diffusion Simulation Model for Carbon Monoxide. J. Air Pollution Control Association. 23 (6) : 490-498. Junio, 1973.**

- 56 / KINCANNON, BENJAMIN F. and CASTALINE, ALAN H. **Information Document on Automobile Emissions. Inspection and Maintenance Programs. U.S. Environmental Protection Agency. Febrero, 1978.**
- 57 / KUZMICKI, L. and CAMPBELL, K. **The sociological requirements of the future motor car power plant. The Associated Octel Company Limited. Marzo, 1977.**
- 58 / Lead Industries Association, Inc. **Bank and Car Leasing Firms Study Electric Vehicle Potential. Lead., 41 (1). 1978.**
- 59 / LEIBRECHT, ROBERT J. and PERKINS, H. C. **An Urban Airshed Model for Predicting Carbon Monoxide Concentrations in Tucson, Arizona. University of Texas at Austin. 69th. Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Junio, 1975.**
- 60 / LUDWIG, F. L. *et al.* **A preliminary study for Modeling the Air Pollution Effects from Traffic Engineering Alternatives. J. Air Pollution Control Association. 23 (6) : 499-504. Junio, 1973.**
- 61 / LUDWIG, JOHN H. **Curso sobre Contaminación Atmosférica por Vehículos Automotores. División de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental (DISCA). Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS). Septiembre, 1975.**
- 62 / LUDWIG, JOHN H. **Report on Information Necessary to Evaluate the Motor Vehicle Problem in the City of Caracas. Proyecto VEN/528.. División de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental (DISCA). Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS). Septiembre, 1975.**
- 63 / LUDWIG, JOHN H. and Mc. CORMICK, R. A. **The Meteorology program of the National Center for Air Pollution Control. Bulletin of American Meteorological Society. 49 (8) : 823-829. Agosto, 1968.**
- 64 / LUDWIG, JOHN H. **Seminar on Air Pollution by Motor Vehicles, 1967. National Center for Air Pollution Control, Washington, D. C. 1968.**
- 65 / MARTINEZ, J. R. **Auto Emissions, Engines Size, and Fuel Economy. J. Air Pollution Control Association. 25 (7) : 735-738. Julio, 1975.**
- 66 / MAYRON, LEWIS W. and WINTERHALTER, JOHN J. **Carbon Monoxide: A danger to Driver? J. Air Pollution Control Association. 26 (11) : 1085-1087. Noviembre, 1976.**
- 67 / Mc. FARLAND, ROSS A. *et al.* **A Study of the Effects of Low Levels of Carbon Monoxide Upon Humans Performing Driving Tasks. U.S. Environmental Protection Agency. 1972.**
- 68 / Mc. MULLEN, THOMAS B. **Interpreting the Eight-Hour National Ambient Air Quality Standard for Carbon Monoxide. J. Air Pollution Control Association. 25 (10) : 1009-1014. Octubre, 1975.**
- 69 / MELTON, C. W. *et al.* **Chemical and Physical Characterization of Automotive Exhaust Particulate Matter in the Atmosphere. U.S. Environmental Protection Agency. Junio, 1973.**
- 70 / MILLS, EDWIN S. and WHITE, LAWRENCE J. **Auto Emissions: Why Regulation Hasn't Worked. Technological Review. March-April, 1978.**
- 71 / Ministerio de Energía y Minas de Venezuela **Petróleo y otros datos estadísticos - 1976. Caracas. Octubre, 1977.**
- 72 / Ministerio de Energía y Minas de Venezuela **Informe sobre Política Automotriz. (Inédito). 1978.**
- 73 / Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Venezuela **Estudio de Transporte del Area Metropolitana de Caracas y la Región Capital. Introducción al Estudio. Oficina de Planificación del Transporte. Julio, 1977.**

- 74 / Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Venezuela Estudio de Transporte del Area Metropolitana de Caracas y la Región Capital - Análisis de la Demanda Futura. Oficina de Planificación del Transporte. Caracas. Diciembre, 1977.
- 75 / Ministry of Communications Diesel Exhaust Gases. Investigation with Proposals for Action. Stockholm. Septiembre, 1967.
- 76 / NAKADA M. *et al.* Quality Control Procedures Vehicle Test and Laboratory Facility. California Air Resources Board. Mayo, 1976.
- 77 / National Air Pollution Control Administration. U.S.A. Air Quality Criteria for Carbon Monoxide. NAPCA-Pub-AP-62. Marzo, 1970.
- 78 / National Air Pollution Control Administration. U.S.A. Air Quality Criteria for Hydrocarbons. Marzo, 1970.
- 79 / National Air Pollution Control Administration. U.S.A. Control Techniques for Carbon Monoxide, Nitrogen Oxide and Hydrocarbon Emissions from Mobile Sources. NAPCA-Pub.-AP-66. Marzo, 1970.
- 80 / NEVERS, NOEL DE Air Pollution Control Philosophies. J. Air Pollution Control Association. 27 (3) : 197-205. Marzo, 1977.
- 81 / NIEPOTH, GEORGE W. *et al.* Close Loop Carburetor Emission Control System. General Motors Corporation. 71st. Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Junio, 1978.
- 82 / NINOMIYA, J. S. The Effects of Regulatory and Legislative Requirements on Automotive Emissions and Fuel Economy. J. Air Pollution Control Association. 27 (9) : 841-842. Septiembre, 1977.
- 83 / PARRA PARDI, GUSTAVO *et al.* Estudio Integral sobre la Contaminación del Lago de Maracaibo y sus afluentes. Parte I: Estrecho de Maracaibo y Bahía El Tablazo. Dirección de Investigación del Ambiente (DISCA). Dirección General de Información e Investigación del Ambiente. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). Noviembre, 1977.
- 84 / PATTERSON, ROBERT M. and MEYER, Jr., EDWIN L. An approach for Relating Traffic to Ambient Carbon Monoxide Concentrations at Signalized Intersection U.S. Environmental Protection Agency.
- 85 / PETKUS, EDWARD J. *et al.* Lead Emissions from Industrial, Vehicles and Combustion Sources. Department of Environmental Control, Chicago, Illinois, U.S.A. 71st. Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Junio, 1978.
- 86 / PITTS, Jr., JAMES N. Keys to Photochemical Smog Control. Environmental Science and Technology. 11 (5) : 456-461. Mayo, 1977.
- 87 / RECORD, A. *et al.* Monitoring and Analysis of Carbon Monoxide and Traffic Characteristics at Oakbrook. U.S. Environmental Protection Agency. Noviembre, 1974.
- 88 / SCHILLER, J. W. SAE Panel Discussion Automobile Emissions and Air Quality. 1976. SAE National Automobile Engineering and Manufacturing Meeting. Octubre, 1976.
- 89 / SALVI, GIULANO La combustión: Teoría y aplicaciones. Editorial Dossat, S. A. Segunda Edición. Madrid, España.
- 90 / SCHRECK, RICHARD M. *et al.* Characterization of Diesel Exhaust Particulate under Different Load Conditions. General Motor Research Laboratories. Warren, Michigan, U.S.A. 71st. Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Junio, 1978.
- 91 / SESKIN, EUGENE P. Some Acute Health Effects of Air Pollution in the Washington Metropolitan Area. U.S.A. Environmental Protection Agency. Julio, 1977

- 92 / SILVASI, JOHN J. and
SABLESKI, JOSEPH J.
EPA's Requirement for Lead Implementation Plans. U.S.A. Environmental Protection Agency. 71st. Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Junio, 1978.
- 93 / SMITH, JAMES D.
Control of Vehicular Air Pollution in a Comprehensive Program. Air Management Services. Department of Public Health. City of Philadelphia, U.S.A. Noviembre, 1972.
- 94 / SMITH, WILLIAM A.
Noise Control Legislation. J. Air Pollution Control Association. 23 (4) : 251-256. Abril, 1973.
- 95 / Southwest Research Institute
Guides to Reduction of Smoke and Odor from Diesel Powered Vehicles. U.S.A. Environmental Protection Agency. Septiembre, 1971.
- 96 / SPRINGER, KARL J.
A Guide to Good Practice for Minimum Odor and Smoke for Diesel Powered Vehicles. Southwest Research Institute. 1969.
- 97 / STERN, ARTHUR C.
Air Pollution. Vol. IV. Third Edition. Academic Press. 1977.
- 98 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Alternative Engines for Cars. Fact Sheet. Abril, 1974.
- 99 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Comparison of the Japanese and U.S. Automotive Emission Standards. Environmental Facts. Mayo, 1975.
- 100 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Control Strategies for in - use vehicles. Noviembre, 1972.
- 101 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
EPA Noise Control Program Progress to Date. Mayo, 1976.
- 102 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Evaluation of the STP Modulating Air Bleed. Diciembre, 1973.
- 103 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Exhaust Emission Characteristics of Motorcycles. Fact Sheet. Agosto, 1974.
- 104 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Mobile Source Emission Factors for Low Altitude Areas Only. Marzo, 1978.
- 105 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Motor Vehicles Air Pollution Control. Environmental Facts. Abril, 1975.
- 106 / U.S.A. Environmental
Protection Agency (EPA)
Odors from Diesel Powered Vehicles. Julio, 1974.
- 107 / VARESCHI, VOLKMAN y
MORENO, EFRAIN
La Contaminación en Caracas en los Años 1953 y 1973. Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Caracas, Venezuela.
- 108 / WILLEKE, RAINER
and MARBURGER, E. A.
Investigation of the Environmental Impact and Environmental Damage from City Traffic Noise and Exhaust Gases. U.S.A. Environmental Protection Agency. 1973.
- 109 / World Health Organization
Criteria for Lead. WHO Criterion Document for Lead. (No. 92.4. 154063X).





Depósito Legal 79-106

IMPRESO
EN VENEZUELA
POR
CROMOTIP

FEBRERO 1979

Evelyn van Grieken Bruzual.
Centro de Estudios Integrales
del Suriente

