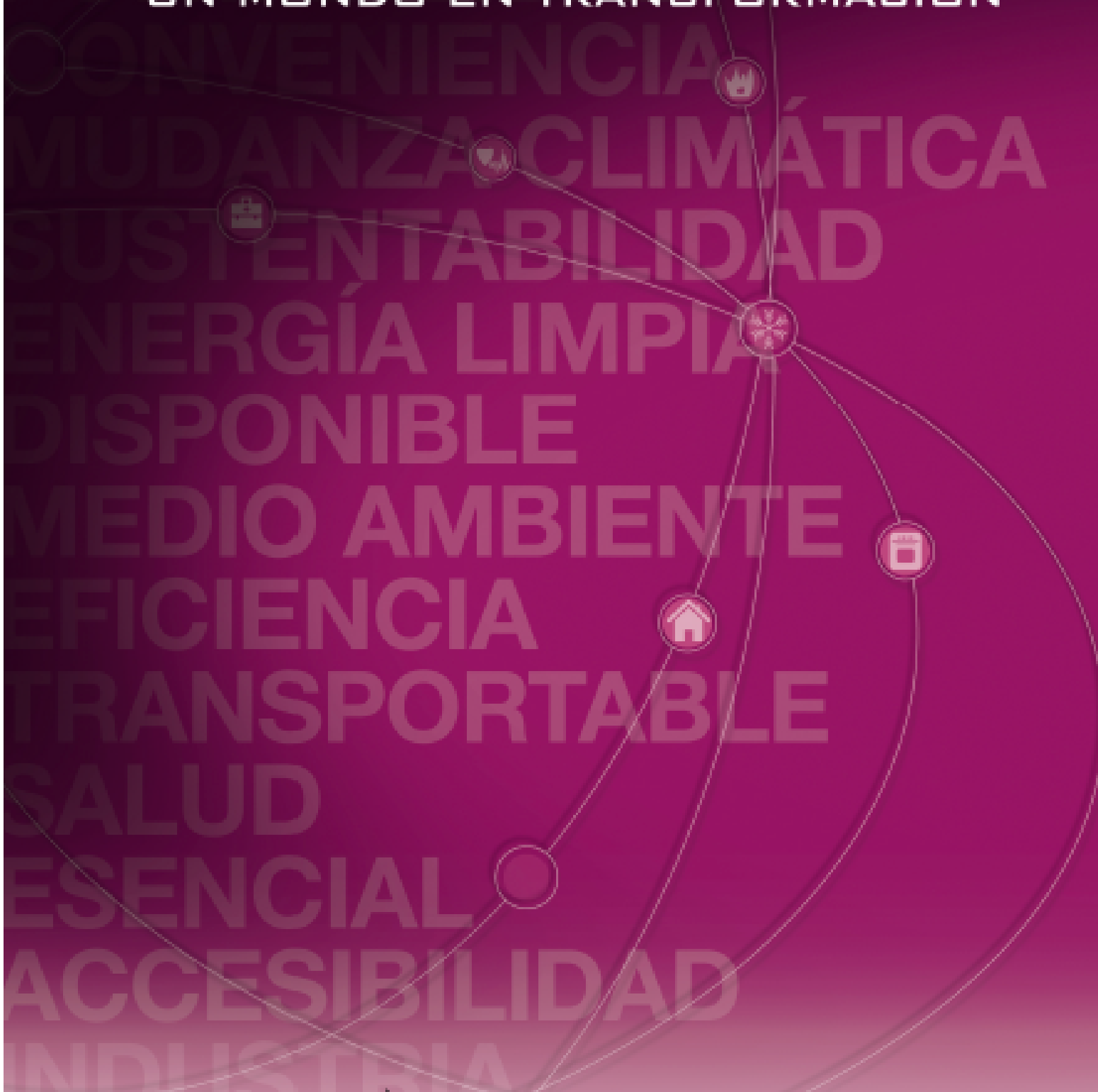


GAS LP: ENERGÍA SALUDABLE PARA UN MUNDO EN TRANSFORMACIÓN



WORLD LP GAS ASSOCIATION

www.worldlpgas.com



Asociación Iberoamericana
de Gas Licuado de Petróleo
Associação Ibero-Americana
de Gás Liquefeito de Petróleo

GAS LP: ENERGÍA SALUDABLE PARA UN MUNDO EN TRANSFORMACIÓN

CONSIDERACIONES INICIALES POR LA ASOCIACIÓN MUNDIAL DE GAS LP (WORLD GAS LP ASSOCIATION - WLPGA)

La energía es esencial para nuestra propia existencia, pero incluso con todos los inestimables beneficios que la energía trae, su consumo puede generar contaminantes peligrosos que afectan el aire que respiramos, nuestros cursos de agua, y el suelo que suministra nuestros alimentos. Pero no todas las fuentes de energía poseen el mismo potencial para afectar nuestra salud, y siendo así es importante que los consumidores sean informados y sean capaces de escoger combustibles más limpios que atiendan a sus necesidades de energía.

Este trabajo, que hace uso de datos provenientes de una amplia variedad de estudios independientes sobre el impacto de la polución relacionada a energía sobre la salud humana, demuestra que el Gas Licuado de Petróleo (Gas LP) puede ayudar a reducir la exposición del hombre a varios de los más peligrosos contaminantes, en diversas aplicaciones y regiones del planeta actualmente.

El Gas LP es un combustible eficiente y de quema limpia. El mismo también es una fuente vital de energía para centenas de millones de personas en todo el mundo hoy en día. Es un combustible moderno y seguro, que suministra calor y energía para consumidores tanto urbanos como rurales. El Gas LP también puede ser usado en cualquier parte y está disponible actualmente, sin grandes inversiones en tecnología e infraestructura. Ofrece una energía que atiende a propósitos múltiples con literalmente miles de aplicaciones. Es portátil, y así puede ser transportado, almacenado y utilizado en prácticamente cualquier parte del mundo, y sus reservas son suficientes para varias décadas de uso.

La Asociación Mundial de Gas LP (*World LP Gas Association* - WLPGA) es la voz global de la Industria de Gas LP. Habiendo recibido el Status consultivo del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, en 1989, la WLPGA promueve el uso del Gas LP mundialmente para incentivar un planeta más limpio, saludable y próspero.

Este informe complementa dos otras publicaciones de la WLPGA que abordan problemas relacionados a Eficiencia Energética y Alteraciones Climáticas.

Agradecimientos

El autor extiende sus agradecimientos especialmente a David Tyler, de la WLPGA por su excelente orientación, diligencia y paciencia como coordinador de este proyecto.

Agradecimientos también son debidos a los siguientes miembros del Panel de Especialistas de la WLPGA, por la orientación y feedback extremadamente útiles durante la preparación de este documento:

Joaquim Cardigos	Repsol
Kimball Chen	Energy Transportation Group
Tony Dale	Ferrellgas
Arnaud Duvielguerbigny	AEGPL
Mauricio Jarovsky	Ultragaz
Sunil Kakar	BP
Greg Kerr	PERC
Ian Maloney	ELGAS
Ian McCracken	SHV Gas

Este estudio tiene la autoría de Peter Anyon

Abril de 2009

DESPUÉS DE LA PAGINACIÓN FINAL, ACERTAR LOS Nº DE LAS PÁG. DE INICIO

Índice

Visión Global	7
Principales Consideraciones	11
1 ¿Qué es el Gas LP?	13
2 Visión Global Política y Económica	14
2.1 Política de Precios	14
2.2 Salud Pública	15
2.3 Cambios en el Clima	15
3 Cómo los Contaminantes Pueden Afectar la Salud del Hombre	17
3.1 Efectos de Contaminantes Individuales sobre la Salud	18
3.1.1 ¿Cuáles Contaminantes Tienen Mayor Impacto?	18
3.1.2 Materia Particulada (PM)	19
3.1.3 Óxidos de Nitrógeno (NOx)	20
3.1.4 Hidrocarburos (HC), también Llamados de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)	20
3.1.5 Ozono (O ₃)	21
3.1.6 Monóxido de Carbono (CO)	21
3.1.7 Dióxido de Azufre (SO ₂)	21
3.1.8 ¿Cuáles Combustibles?	22
3.1.9 Compuestos Tóxicos del Aire	23
4 Cuantificación de los Impactos sobre la Salud	25
4.1 Panorama	25
4.2 Impactos en los Gastos con Salud	28
5 Gas LP en Aplicaciones Esenciales	31
5.1 Transporte De carretera	32
5.2 Cocción	42
5.3 Calefacción Residencial de Ambientes y Agua	45
5.3.1 Calidad del Aire en Ambientes Cerrados	45
5.3.2 Calidad del Aire en Ambientes Abiertos	47
5.4 Generación de Energía Eléctrica	49
5.4.1 Unidades Generadoras de Capacidad Media	50
5.4.2 Unidades Generadoras de Pequeño Porte	52
5.5 Otras Aplicaciones del Gas LP	54
6 Conclusiones	57
7 Anexo A1 - Contaminantes y sus Efectos sobre la Salud	59
7.1 Contaminantes Reglamentados (Criterios)	60
7.1.1 Particulados (PM)	60
7.1.2 Óxidos de Nitrógeno (NOx)	60
7.1.3 Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs), incluyendo Hidrocarburos	61
7.1.4 Ozono (O ₃)	62
7.1.5 Monóxido de Carbono (CO)	63
7.1.6 Contenido de Azufre en los Combustibles y Dióxido de Azufre (SO ₂)	64

7.1.7	Plomo (Pb)	66
7.2	Compuestos Tóxicos del Aire	66
7.2.1	Benceno	68
7.2.2	1,3-Butadieno	69
7.2.3	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	69
7.2.4	Tolueno	70
7.2.5	Xilenos	70
8	Anexo A2 - Normas sobre la Calidad del Aire Ambiente	71
8.1	Panorama	71
8.2	Normas y Reglamentación sobre la Calidad del Aire	71
9	Anexo A3 - Emisión de Partículas a partir de los Motores con Tecnología Actual	75
10	Referencias	77
11	Glosario de los Términos	79

Visión Global

La energía trae vida al mundo. Todas las personas en este planeta, donde quiera que vivan, dependen todos los días de energía para alimentar y cuidar de sus familias, para suministrar calefacción y luz, y para transportar productos y personas hasta sus destinos. Pero la generación de energía puede producir también contaminación, que puede ser muy perjudicial para la salud humana. Por suerte, algunos combustibles presentan una quema mucho más limpia y redujeron enormemente su potencial para afectar la salud humana.

El Gas Licuado de Petróleo (Gas LP) es uno de esos combustibles. La Organización Mundial de la Salud, en un informe reciente que evalúa estrategias para evitar las consecuencias devastadoras para la salud de la exposición a fogones a leña en países más pobres, hizo el siguiente comentario sobre el valor del cambio para el Gas LP:

“...invertir US\$ 13 mil millones por año para disminuir a la mitad, hasta 2015, el número de personas en todo el mundo que cocinan con combustibles sólidos por medio del suministro para las mismas de gas licuado de petróleo proporciona un retorno de US\$ 91 mil millones por año.” (OMS, 2006)

Uno de los contaminantes más peligrosos provenientes de fuentes de combustión es la materia particulada (PM), que puede penetrar profundamente en los pulmones de los seres humanos, causando enfermedades respiratorias, enfermedades cardíacas y problemas neurológicos. La reducción de la exposición a la PM es la más elevada prioridad para la calidad del aire en la mayoría de los países, tanto en regiones desarrolladas como en desarrollo. Un estudio concluido recientemente por la Harvard School of Public Health y por la Brigham Young University (Pope, 2009) enfatizó este punto con el siguiente entendimiento:

“... para cada disminución de 10 microgramos por metro cúbico de contaminación particulada en una ciudad, la media de la expectativa de vida de sus residentes es aumentada en más de siete meses.”

Para colocar eso dentro de un contexto, vamos al ejemplo de una ciudad europea. París posee una concentración de PM en torno de 15 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). En algunas ciudades del Asia, ese nivel puede subir arriba de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y en una residencia en la cual ocurra el cocimiento en ambiente cerrado con quema de leña, ese nivel puede presentar un orden de magnitud aun mayor. Las emisiones de PM a partir de la combustión de Gas LP son normalmente cerca de 1.000 veces menores que las provenientes de la quema de leña, y pueden ser 100 veces menores que las provenientes de la quema de diesel combustible.

Este trabajo independiente, encomendado por la Asociación Mundial de Gas Licuado de Petróleo (World LP Gas Association - WLPGA), explora y compara los impactos sobre la salud, en la sociedad, causados por contaminantes emitidos por una variedad de combustibles utilizados comúnmente. Cuando sea viable y relevante hacerlo, serán efectuadas también estimativas para los costos económicos directos e indirectos de esos efectos sobre la salud.

En estos tiempos más iluminados nosotros ahora reconocemos que los combustibles usados por nosotros para suministrar esa energía también deben respetar el medio ambiente y el bienestar de las personas que viven en este planeta, tanto como satisfacer nuestras necesidades de energía.

Nuestra comprensión sobre cómo los contaminantes del aire afectan la salud humana aumentó enormemente. Con ese entendimiento, podemos estimar los costos económicos asociados a cuidados médicos, pérdida de productividad y suministro de servicios sociales y apoyo para aquellos alcanzados.

Hay centenas de contaminantes potencialmente dañinos para la salud humana. Entre los mismos, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency - EPA) destacó seis, que son identificados como contaminantes reglamentados ("criteria pollutants") cuya prioridad es la más elevada. Esos contaminantes son:

- Ozono troposférico (O_3)
- Óxidos de azufre (SO_x)
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Plomo (Pb)

- Materia particulada (PM)

Por causa del papel de los mismos en la formación de ozono troposférico, los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) también son ampliamente reglamentados. Varios compuestos peligrosos clasificados como "tóxicos del aire" también son incluidos en la categoría de los VOCs.

Los daños para la salud causados por la exposición a esos contaminantes generan un enorme cargo social y económico para la sociedad, que llega a centenas de miles de millones de dólares cada año.

En el caso específico de las Materias Particuladas (PM), un proyecto de investigación abarcadora en la Unión Europea sobre los impactos sobre la salud de las partículas suspendidas, concluido en 2005 por la Organización Mundial de la Salud (OMS), enfatiza ese punto. Los descubrimientos de los investigadores son tan claros como muy perturbadores:

“La polución del aire a partir de materia particulada (PM) disminuye en media 8,6 meses de la vida de cada persona en la Unión Europea (UE)”
(OMS, 2005-1)

El mismo informe de la OMS concluyó que la exposición a partículas finas en la UE resultó en costos económicos evitables dentro de una banda de € 58 mil millones a € 161 mil millones, cada año.

Las fuentes de la polución relacionada a energía son numerosas. Las actividades de transporte humano, industria, generación de energía, cocina y calefacción doméstica, y deforestación son las más importantes. Las actividades volcánicas e incendios naturalmente ocurridos en forestas y pastos también pueden ser la causa de episodios de polución de gran porte, pero la sociedad posee una capacidad muy limitada para mitigar las consecuencias de esos eventos.

En varios países más pobres, el cocimiento con fuego abierto utilizando leña, carbón, residuos de culturas, o incluso excrementos animales, presenta un impacto devastador sobre la salud humana. La exposición a niveles extremadamente elevados de contaminantes emitidos por esas formas de combustión es reportada por la OMS y por otros investigadores independientes como la causa de la muerte prematura de más de 1,5 millón de personas cada año. Las mujeres y los niños pequeños son los más afectados.

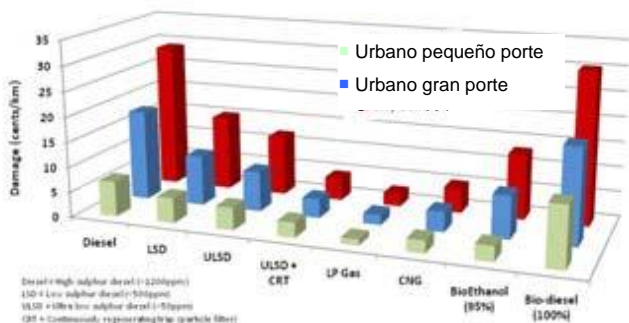
En un amplio frente, los combustibles líquidos tradicionales, tales como gasolina, diesel y queroseno, poseen estructuras químicas complejas. Al ser quemados, ellos pueden liberar una gama de compuestos peligrosos; algunos de los cuales están ligados a enfermedades graves que representan frecuentemente riesgo de vida.

Los tipos de combustibles usados y la manera como son empleados pueden variar de una región para otra, pero la polución producida por los mismos y las consecuencias para la salud que ellos acarrearán existen en cada capa de la sociedad, desde las naciones más pobres hasta las más ricas.

Reflejando esa concienciación creciente, los gobiernos en todo el mundo introdujeron, o incentivaron, una amplia gama de medidas a fin de reducir las emisiones de contaminantes por medio de reglamentación, educación y programas de incentivo.

El cambio para combustibles gaseosos con quema más limpia fue un elemento importante de esas medidas. Combustibles gaseosos, como el Gas LP, poseen una estructura química muy simple, que propicia una quema limpia, con niveles extremadamente reducidos de subproductos de la combustión.

El gráfico abajo (BIC, 2001) ofrece un retrato ilustrativo del daño general para la sociedad causado por algunos de los combustibles para transporte ampliamente usados actualmente, y algunos combustibles alternativos emergentes, cuando aplicados para la utilización de un bus urbano. El valor del cambio para el Gas LP es evidenciado por sí mismo.



Impactos de la Polución de Buses Urbanos por Tipo de Combustible y Local (centavos AU /km)

Además de ser un combustible excepcionalmente bueno para vehículos de pasajeros y diversos tipos de vehículos comerciales, el Gas LP también es comprobadamente una fuente de energía alternativa y práctica para una amplia gama de aplicaciones domésticas, comerciales, industriales, agrícolas y de transporte, entre las cuales están incluidas las siguientes:

- Cocción
- Calefacción residencial de ambientes y agua
- Generación de energía eléctrica
- Aplicaciones industriales (por ejemplo, compresores, chorros de agua, bombas, etc.)
- Procesos industriales (por ejemplo, corte por llama, calentadores de proceso) y muchos más

A partir de un punto de vista puramente práctico, de todos los combustibles gaseosos, el Gas LP se supera por su capacidad de liquefacción a baja presión y por eso es transportado con seguridad a granel para prácticamente cualquier lugar. El Gas LP puede ser entonces distribuido tan fácilmente como la gasolina o el diesel en una serie de aplicaciones domésticas, comerciales, agrícolas y de transporte.



Siendo así, no importa si usted vive en una gran ciudad o en una localidad remota, abasteciendo su auto o cocinando una comida simple, la elección del Gas LP va a beneficiarlo a usted mismo y a las personas a su alrededor.

Para resumir:

La disponibilidad de una energía controlable para cocimiento, para calefacción, producción y transporte es esencial para la existencia humana.

La selección del mejor combustible para una determinada tarea puede beneficiar a la sociedad, no apenas al reducir la exposición humana a contaminantes peligrosos, sino también en términos monetarios directos al disminuir los gastos de la oferta de tratamiento médico y servicios sociales para las personas afectadas.

En los negocios, una fuerza de trabajo más saludable significa aumento de la productividad y menor riesgo de trauma económico a partir de la pérdida de miembros vitales para el equipo.

Los beneficios no acaban con su contribución al bienestar de la sociedad. Visto bajo prácticamente cualquier perspectiva, el Gas LP se destaca como la alternativa más limpia, conveniente y accesible a los combustibles tradicionales, así como por poseer una de las más bajas emisiones de gases de efecto invernadero. En varias instancias, él también puede ser la opción de menor costo.

Principales Consideraciones

Este trabajo evaluó el Gas LP conjuntamente con una gama de otros combustibles líquidos, sólidos y gaseosos, usando datos obtenidos a partir de una amplia base de estudios independientes. En varias aplicaciones y regiones, el Gas LP fue encontrado en una posición entre los combustibles más limpios y con mayor eficiencia energética entre los combustibles disponibles. Algunas de las principales constataciones son resumidas a continuación.

Transporte - Los combustibles tradicionalmente utilizados en transporte: el diesel y la gasolina son identificados como una fuente primaria de polución del aire y deficiencias de salud, incluyendo la incidencia de enfermedades respiratorias y cáncer. Gran parte de la polución por partículas en la Unión Europea viene del escape de vehículos motorizados, y las consecuencias para la salud son estimadas como presentando un impacto sobre la economía de la UE de hasta € 161 mil millones cada año (OMS, 2005-1). Por ejemplo, automóviles a diesel fabricados antes de la introducción de la reglamentación sobre emisiones "Euro 4" (en 2005 para Europa y más tarde en algunas otras regiones) presentan un impacto en los gastos con salud de cerca de € 11,70 para cada 1.000 km recorridos, en comparación con € 0.90 para un automóvil movido a Gas LP. De 2005 en adelante, la mayoría de los vehículos a diesel fue adaptada con filtros para partículas de diesel, pero, incluso con las tecnologías más recientes para reducción de emisiones de partículas, el impacto, sobre la salud, de los autos a diesel fabricados actualmente aun está en torno de € 3.50 cada 1.000 km.

Cocción - Más de la mitad de la población mundial todavía usa leña, residuos de culturas o incluso excrementos secos para suministrar energía para cocinar. La exposición a los contaminantes liberados por esos combustibles es la causa directa de la muerte prematura de más de 1,5 millón de personas cada año. Suministrar medios para cocinar con Gas LP reduce enormemente esa exposición, frecuentemente con un factor 100 o más, proporcionando enormes beneficios para la salud de la comunidad.

Calefacción de Ambientes Residenciales - Sin la ventilación adecuada, o si los dispositivos de calefacción y ductos y chimeneas asociados fueren precarios, la concentración de algunos contaminantes puede ser acumulada hasta alcanzar niveles que pueden ser peligrosos para la salud humana. Existen tantas variables que influyen en los niveles de exposición efectivos que es difícil hacer comparaciones representativas, pero las mediciones de las emisiones totales producidas por la quema de leña o carbón muestran que esos combustibles producen cerca de 150 veces más monóxido de carbono (CO) que el Gas LP, por gigajoule de energía producida. Combustibles líquidos, como, por ejemplo, queroseno, producen niveles cerca de 50% más elevados. El cuadro es semejante para calderas residenciales.

Calefacción Residencial de Agua y Ambientes (Calidad del Aire en Ambientes Abiertos) - En varios lugares, calentadores y calderas que utilizan combustibles sólidos producen polución suficiente para afectar directamente la salud de las personas dentro de la comunidad. Una investigación australiana muestra con claridad que las regiones en las cuales los calentadores a base de quema de leña son prevaletentes pueden presentar niveles de partículas en el ambiente mucho más elevados (de 43 a 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en comparación con otras ciudades (de 20 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), aunque las ciudades donde no hay quema de leña tuviesen densidad de población y de tráfico mucho menores. El límite de exposición recomendado por la OMS (media de 24 horas) es de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Generación de Electricidad - A menos que sean equipados con tecnologías sofisticadas de control de emisiones, unidades generadoras pueden producir niveles muy altos de emisiones de partículas (PM) y de óxidos de nitrógeno (NOx), con impactos sobre la salud proporcionalmente elevados. Para un generador común de porte medio, que opere durante 12 horas por día, con una carga media de 80kW, el costo anual de su impacto sobre la salud podrá ser del orden de € 47.000,00 para una unidad movida a diesel, en comparación con menos de € 2.000,00 para una unidad generadora equivalente movida a Gas LP. Unidades generadoras domésticas de tamaño pequeño también son beneficiadas con el uso de Gas LP. Generadores pequeños movidos a gasolina, de 4 tiempos, poseen un impacto en los gastos con salud cerca de 1,5 vez mayor que el Gas LP, y en el caso de una versión similar de 2 tiempos, el impacto relativo sobre la salud sube para más de 4,5 veces.

1 ¿Qué Es el Gas Licuado de Petróleo (Gas LP)?

El Gas Licuado de Petróleo (Gas LP) es el nombre genérico de mezclas de hidrocarburos gaseosos, principalmente propano y butano (a pesar de pequeñas cantidades de otros compuestos, como, por ejemplo, propileno y butilenos, también pueden estar presentes en la mezcla). Dependiendo del clima y de la disponibilidad, el Gas LP puede ser compuesto por propano, butano o una gama de mezclas diferentes de esos gases. El Gas LP contiene solamente vestigios de compuestos de azufre. Como el Gas LP es naturalmente inodoro, por motivos de seguridad, como ocurre en la industria de gas natural, un agente odorante a base de azufre es adicionado en cantidades muy limitadas al producto dentro de la corriente de distribución para permitir una detección más fácil.

El Gas LP puede ser obtenido a partir de varias fuentes. Dos de las más comunes son la extracción directamente de la mezcla de gases "húmedos" recuperada a partir de campos de petróleo y gas de ocurrencia natural, y como producto del proceso de refinado del petróleo.

Por causa de su alta volatilidad, es poco probable que el Gas LP cause la polución del suelo o del agua. El mismo es biodegradable en el aire, en el suelo y en el agua.

De acuerdo con investigaciones de la industria de petróleo europea (CONCAWE, 1992), una amplia investigación de la literatura no identificó cualesquiera referencias a los efectos ecotoxicológicos del Gas LP o de sus principales constituyentes.

Cuando levemente comprimido (hasta aproximadamente 800 kPa o 120 psi), los gases cambian del estado gaseoso para el estado líquido. Cuando la presión del Gas LP es reducida (por ejemplo, antes de alimentar un quemador), el líquido entra en ebullición, se transforma en gas y se expande hasta cerca de 270 veces el volumen líquido. El Gas LP es por tanto muy conveniente y económico en su transporte y almacenaje, tornándose una alternativa práctica y con buena relación entre costos y beneficios, para varios de los combustibles tradicionales, en una amplia gama de aplicaciones.

En locales donde la infraestructura necesaria para llevar una energía con base en redes no está disponible, la facilidad de almacenamiento y capacidad de transporte del Gas LP hace del mismo una alternativa excelente para el gas natural. Esas dos fuentes de energía son altamente complementarias, y comparten las mismas credenciales de quema limpia y ocurrencia natural.

A partir del punto de vista de alteraciones climáticas, ni el propano ni el butano están incluidos en la lista del Panel Intergubernamental sobre Alteraciones Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) como gases del efecto invernadero. El Gas LP liberado para el ambiente es rápidamente dispersado en la atmósfera, donde es sometido a degradación fotoquímica.

Adicionalmente, las emisiones de gases del efecto invernadero a partir de la combustión del Gas LP son también bajas en comparación con la mayoría de los demás combustibles, confiriendo al Gas LP el más bajo rastro de carbono en varias aplicaciones.

El mismo posee baja reactividad a temperaturas normales, aun así, quema prontamente en presencia del aire y su contenido de energía por kilogramo es semejante al de la gasolina y del diesel.

Esas características hicieron del Gas LP un combustible popular para aplicaciones domésticas, comerciales, industriales, agrícolas y de transporte.

2 Visión Global Política y Económica

En un mundo ideal iríamos a satisfacer todas nuestras necesidades de energía a partir de fuentes naturales como, por ejemplo, el sol, el viento o los océanos y ríos. De hecho, la humanidad se torna más consciente sobre los daños causados a nuestro ambiente y bienestar por las actividades contaminantes y en relación al impacto sobre el clima. Varias metas son actualmente perseguidas para controlar la energía a partir de esas fuentes naturales limpias.

A pesar de esos empeños, la energía proveniente de fuentes renovables va a, por próximas décadas, continuar satisfaciendo una fracción muy limitada de la demanda global de energía. La inmensa mayoría de nuestras necesidades de energía continuará siendo atendida por una gama de combustibles fósiles.

Tomar decisiones correctas sobre cuáles combustibles serán usados podrá producir beneficios ambientales y para la salud tanto en escala local como en escala regional. Como veremos más tarde en este documento, la elección del combustible puede reducir de manera significativa la incidencia de disturbios respiratorios, desórdenes cardíacos y otras enfermedades, que colocan ese cargo de manera semejante tanto sobre la estructura de países desarrollados como en desarrollo.

La mayor parte de los gobiernos reconoce ahora a nivel macro los beneficios financieros y sociales de la reducción de la exposición humana a la polución - pero ellos deben también enviar las señales precisas para negocios y para la comunidad como un todo, tanto por medio de políticas económicas como por intermedio de programas de educación y concienciación, o reglamentación.

2.1 Política de Precios

La tributación de combustibles continúa siendo una cuestión controvertida en varios países, pero, sea como sea, la misma proporciona un mecanismo muy conveniente para que los gobiernos generen ingresos, por un lado, y, por otro, influyan en la selección del combustible y los estándares de compra.

La Tabla 2.2 (abajo) ilustra algunos ejemplos corrientes sobre esas políticas de precio dentro del sector de transporte.

Precio Medio en la Bomba (por litro) en las Monedas Locales *				
País	Gas LP	Gasolina	Diesel	
Reino Unido (£Stg)	0.52	0.89	1.00	
Australia (AU\$)	0.52	1.20	1.22	
Francia (€)	0.69	1.13	1.08	

* Precios practicados en la bomba, febrero de 2009

Tabla 2.2: Precios Practicados para el Gas LP, Gasolina y Diesel en la Bomba

En algunos casos los incentivos son todavía más directos. El gobierno del Reino Unido, por ejemplo, renunció a la Tasa de Congestionamiento de Londres de £ 8 por día para la mayoría de los vehículos movidos a Gas LP (una economía de £ 2.000 por año para aquellas personas que hacen ese trayecto todos los días), así como aplicando impuesto menor sobre vehículos de empresas y ofreciendo descuento para el tributo incidente sobre el consumo de vehículos (impuesto anual sobre automóviles) de cerca de £ 35 para un auto medio típico.

Al exentar el Gas LP del impuesto sobre el consumo de combustible, el Gobierno de Australia proporciona incentivos financieros directos para que las personas usen el Gas LP para una amplia gama de necesidades de energía. Además de economizar 38 centavos por litro en impuestos incidentes sobre la gasolina y diesel combustibles, los propietarios de automóviles que compren un vehículo a Gas LP original de fábrica (adquirido desde 10 de noviembre de 2008) o que conviertan un automóvil a gasolina para funcionamiento con Gas LP, también reciben una devolución en dinero de AU\$ 2.000,00.

A pesar de que los impactos sociales y sobre la salud sean la principal fuerza motriz por tras de las políticas y medidas para reducción de la polución relacionada a energía, hay un movimiento en todo el mundo para también tomar en consideración una gama más amplia de factores externos, incluyendo alteración climática, deterioración de infraestructura, degradación de los suelos, de la calidad del agua y pérdida de productividad. Algunos de los datos presentados en este estudio incluyen varios de esos factores (los ejemplos están en la Figura 5.2 y Tabla 4.3).

Nuevas estructuras de tributación y fiscales están ahora integrando, o tendrán como base, el análisis de ciclo de vida de combustibles, y van a remodelar inevitablemente el cuadro global de la energía en el futuro.

2.2 Salud Pública

A pesar de que los habitantes de ciudades de los países más ricos puedan considerar a sí mismos como afortunados por vivir en una vecindad relativamente agradable y confortable, eso no significa que ellos sean necesariamente liberados de las consecuencias de respirar aire cargado con polución.

En 2005 la OMS concluyó un estudio intensivo sobre los impactos para la salud humana de la exposición a partículas en suspensión (la mayor parte generada por combustión) en la Unión Europea. La investigación concluyó que la exposición a las partículas reduce la expectativa de vida de cada persona en la Unión Europea (UE) en una media de nueve meses, y posee un impacto económico directo de hasta € 161 mil millones (US\$ 220 mil millones) cada año (OMS 2005-1).

Un estudio de costo-beneficio de 2006 (OMS, 2006), hecho por la Organización Mundial de la Salud, concluyó que una inversión de US\$ 13 mil millones al año para proporcionar el acceso mundial al Gas LP disminuiría por la mitad el número de personas que cocinan con combustibles sólidos hasta 2015 y generaría un retorno de US\$ 91 mil millones en beneficios de salud y otros beneficios comunitarios.

En varios países más pobres, muchos habitantes viven en circunstancias de privación. La desnutrición roba de poblaciones enteras una vida saludable y productiva. Pero el problema no reposa apenas en la falta de alimentos. La manera como los alimentos son preparados también representa por sí misma un peligro importante. La gravedad del problema fue resumida por la Organización Mundial de la Salud de la siguiente manera:

"Más de la mitad de la población mundial recorre a estiércol, leña, residuos de culturas o carbón para atender a sus necesidades más básicas de energía. Cocinar y calentarse con esos combustibles sólidos en hogueras abiertas o fogones sin chimeneas provoca la polución del aire en ambientes cerrados. La exposición es particularmente elevada entre mujeres y niños menores, que pasan la mayor parte del tiempo próximas a la fuente de fuego de la casa. Todos los años, la polución en ambientes cerrados es responsable de la muerte de 1,6 millón de personas - eso significa una muerte cada 20 segundos (OMS 2005-3).

Así, ya sea el foco dirigido hacia vehículos en las calles de las ciudades o la preparación de una comida simple, la elección del combustible posee una influencia crítica sobre la salud humana y es una decisión que debe ser tomada con cuidado.

De hecho, para casi todas las aplicaciones que envuelvan la conversión de un combustible en energía para calefacción o fuerza, el Gas LP puede desempeñar ese trabajo de manera limpia, eficiente y económica.

2.3 Cambios Climáticos

A partir de la perspectiva de un calentamiento global, la selección de combustible puede desempeñar un papel significativo en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases del efecto invernadero.

Para varias aplicaciones, incluyendo transporte, cocción, calefacción, procesos industriales y generación eléctrica local, existe un papel relevante en las aplicaciones en escalas pequeña y media de combustibles alternativos con bajos contenidos de carbono, tales como el Gas LP, que posee un rastro de carbono menor que los combustibles tradicionales.

El Gas LP y el GNC (Gas Natural Comprimido) son frecuentemente comparados a partir de una perspectiva del calentamiento global. De un lado, el menor contenido de carbono del GNC resulta en menores emisiones de CO₂ a partir de la combustión. No obstante, una energía considerable es utilizada para la compresión del gas natural para almacenaje, y cualquier gas no quemado liberado hacia la atmósfera posee un potencial de calentamiento global 23 veces más elevado que el CO₂, mientras el Gas LP no quemado es neutro para el efecto invernadero. Esos factores tienden a estrechar la diferencia entre los dos combustibles. En la práctica, tanto el Gas LP como el gas natural comparten la misma quema limpia, bajo atributo de carbono y ambos son comparados de manera extremadamente favorable en relación a combustibles líquidos tradicionales.

3 Cómo los Contaminantes Pueden Afectar la Salud del Hombre

Las relaciones entre la exposición a contaminantes y los efectos consecuentes sobre la salud fueron extensivamente investigadas al largo de varias décadas y resultaron en la introducción de varios estándares, metas y directrices buscando la minimización de los riesgos a niveles tanto locales como regionales.

El éxito de esas medidas continúa siendo muy diversificado. En algunas regiones un progreso considerable fue hecho en la introducción de combustibles más limpios y en la reducción de emisiones generales a partir de vehículos de transporte y de la industria. En la mayoría de los casos eso resultó en un impacto beneficioso para la calidad del aire.

Otras partes del mundo aun enfrentan una batalla cuesta arriba, y pueden ser obligadas a retroceder por una serie de factores que incluyen pobreza, dependencia de fuentes de energía contaminantes, quemadas extensivas o administración ineficiente por parte del gobierno.

Las interacciones entre contaminantes suspendidos y la salud humana son complejas e influenciadas por los niveles de exposición, por la duración de la exposición y por la toxicidad inherente de cada contaminante aislado. En varias situaciones los individuos más jóvenes y más viejos de la población son los más vulnerables.

Una consecuencia inevitable del crecimiento global de la población fue el aumento en la urbanización. Independientemente de cuán ricas o pobres las ciudades puedan ser, densidades poblacionales altas resultan en una incidencia proporcionalmente más elevada de enfermedades causadas por la polución del aire. En varias ciudades, una combinación de vehículos altamente contaminantes, preparación de alimentos en la calle y proximidad de industrias pesadas puede cobrar un precio muy caro.

Pero regiones más ricas no están inmunes a problemas. El costo de la prestación de tratamientos de salud, servicios sociales y el costo económico directo de pérdida de productividad pueden representar un impacto sobre la economía de una región del orden de decenas, o incluso centenas de miles de millones de dólares cada año.

En regiones donde los niveles de renta y los presupuestos nacionales son mucho menores, varias decisiones son motivadas por la necesidad y no solamente por una mera preferencia, y frecuentemente esas decisiones pueden representar una grave desventaja para la salud.

La exposición a un cóctel de partículas y productos químicos tóxicos, generados cuando la madera u otro material de biomasa es usado para la preparación de alimentos en ambientes cerrados, es responsable de la diseminación de enfermedades y de la enorme reducción de expectativa de vida para varias personas que habitan comunidades más pobres.



Aproximadamente la mitad de la población mundial depende de la quema de biomasa, o sea, leña, residuos de culturas, estiércol y carbón, como su principal fuente de energía doméstica.

La exposición a la polución del aire en ambientes cerrados como resultado de la quema de biomasa es la causa de la diseminación de infecciones respiratorias y de los ojos. Colocando eso en perspectiva, las infecciones respiratorias responden por más de 10% del costo total de las enfermedades en los países en desarrollo, llevando a 1,6 millón de muertes estimadas cada año en esos países.

Programas que buscan la mejoría en el suministro de alimentos y tratamiento médico son de importancia primordial, pero el valor de medidas prácticas para apoyar e incentivar hábitos más saludables en la preparación de los alimentos no debe ser subestimado. El cambio para un quemador simple a Gas LP puede representar un largo paso para evitar la tragedia de un padre incapacitado, un niño con enfermedad crónica, o algo peor, y debe ser un aspecto importante a ser considerado por las agencias de auxilio y por los programas de asistencia social de los gobiernos.

3.1 Efectos de Contaminantes Individuales sobre la Salud

Esta sección examina de manera sucinta los seis principales contaminantes generados por los combustibles más comúnmente utilizados.

Debe ser notado que varios combustibles no emiten cualesquiera de esos contaminantes, ya sea por medio de la remoción de los mismos del combustible (por ejemplo, la adición de plomo a la gasolina no es más permitida en la mayoría de los países), o por causa de la composición intrínsecamente limpia del combustible (por ejemplo, el Gas LP no contiene plomo alguno y apenas una cantidad muy limitada de compuestos de azufre).

3.1.1 ¿Cuáles Contaminantes Tienen Mayor Impacto?

Literalmente centenas de contaminantes poseen potencial para perjudicar la salud humana, pero la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency - US EPA) identificó seis contaminantes, que son designados contaminantes reglamentados ("criteria pollutants"), como siendo aquellos con más elevada prioridad. Los estándares para los contaminantes reglamentados son establecidos en conformidad con el "Acto del Aire Limpio". Esos contaminantes son:

- materia particulada (PM)
- óxidos de nitrógeno (NOx)
- hidrocarburos (HC)
- monóxido de carbono (CO)
- óxidos de azufre (SOx)
- ozono troposférico (O₃)
- plomo (Pb)

Por causa del papel de los mismos en la formación del ozono troposférico, los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) también son ampliamente regulados. Varios compuestos peligrosos clasificados como "tóxicos del aire" son incluidos en la categoría de los VOCs (vea a Sección 3.1.9). Los VOCs también son a veces designados simplemente como hidrocarburos (HC).

La mayoría de los países reconoce los mismos contaminantes como aquellos con la prioridad más elevada relativamente a la salud en sus reglamentaciones y programas de reducción de emisiones.

Aún hay algunas regiones altamente populosas donde combustibles con altos contenidos de azufre y/o plomo continúan siendo vendidos.

Además de los contaminantes reglamentados (criteria pollutants) listados anteriormente, otro grupo muy grande e importante de productos químicos peligrosos (designados de manera general como "tóxicos del aire") es liberado hacia la atmósfera durante la quema de la mayoría de los combustibles. Los más significativos de estos contaminantes son presentados brevemente en la Sección 3.1.9, con informaciones más detalladas en el Anexo A1.

3.1.2 Materia Particulada (PM)

La materia particulada (PM) proveniente de la quema de combustibles es una mezcla de partículas sólidas y de gotículas líquidas suspendida en el aire. Una elevada proporción de esas partículas es extremadamente pequeña, la mayor parte con menos de 10 micrones (cerca de 10 veces menor que el espesor de un cabello humano). Las menores partículas pueden llegar a tener un diámetro de apenas 10 nanómetros (0.00001 mm), lo que es cerca de 10.000 veces menor que el espesor de un cabello humano.

La Materia Particulada es probablemente el más peligroso de todos los contaminantes relacionados a combustibles por causa de su conocida toxicidad y de los elevados niveles de exposición experimentados por amplios segmentos de la población mundial. Ella es emitida directamente como un producto de la combustión de prácticamente todo proceso de quema, aunque la tasa según la cual ella es lanzada, a partir de combustibles diferentes, pueda variar en un factor de 100 o más. Los productos gaseosos de la combustión también pueden agruparse en partículas por medio de reacciones químicas en la atmósfera.

A partir de una perspectiva reguladora, los transportes con fuente de emisiones de PM recibieron la mayor parte de las atenciones, pero es probable que otras fuentes generen concentraciones de partículas atmosféricas comparables o incluso más elevadas en algunas regiones o puntos localizados. Algunos de esos incluyen: preparación de alimentos en hoguera de leña, procesos industriales que utilizan fuego a base de carbón, generación de electricidad, incendios provocados por el hombre e incendios naturales.

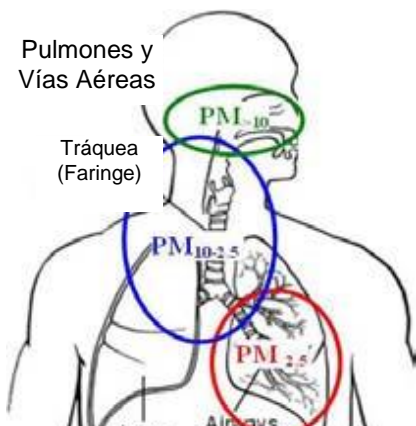


Figura 3.1: Zonas de Deposición por Tamaño de Partícula

Las partículas generadas a partir de combustión poseen dimensiones variadas que van desde 10 micrones, o más, a pocos nanómetros. Conforme puede ser visto en la Figura 3.1, las partículas menores pueden alcanzar las áreas más profundas y más sensibles de los pulmones. Aquellas en la banda de nanómetros, pueden hasta pasar a través del tejido pulmonar directamente hacia la corriente sanguínea. Más del 90% de las partículas en el escape de los motores de combustión interna son menores que 1 micrón (PM_{1.0}), llegando a apenas 10 nanómetros (0.00001 mm).

En 1998 la Junta de Investigaciones sobre el Aire de California (California Air Resources Board - CARB) determinó que las partículas de diesel son un Contaminante Tóxico del Aire. En 2002, después de muchas investigaciones, la US EPA concluyó que la PM en el escape del diesel provoca irritación aguda de la garganta y de los bronquios, representa un peligro respiratorio crónico para los seres humanos y es probablemente carcinogénico. Las partículas pueden también adsorber "tóxicos del aire" potencialmente peligrosos para la salud encontrados en el escape de motores.

Las partículas del escape de gasolina y diesel presentan un riesgo mayor que las del Gas LP, ya que esos combustibles no solamente generan concentraciones más elevadas de partículas, sino también el escape a partir de vehículos movidos a combustibles líquidos contiene niveles mucho más altos de tóxicos del aire, que pueden ser absorbidos por la superficie de partículas y ser transportados hasta las áreas más sensibles de los pulmones.

Eso también puede llevar a graves problemas pulmonares y aumento en la susceptibilidad a infecciones respiratorias, tales como neumonía, agravamiento de bronquitis agudas o crónicas y asma. Además de eso, las partículas menores pueden llegar a atravesar el tejido pulmonar directamente hasta la corriente sanguínea, donde ellas fueron relacionadas a algunos disturbios neurológicos y cardíacos.

Existen diferencias muy grandes entre las emisiones de partículas asociadas a diversos combustibles. Los motores a diesel y la quema de leña y de otros materiales con biomasa generan los niveles más elevados de PM. Combustibles gaseosos, notadamente el Gas LP, poseen las menores emisiones de ese tipo de contaminante.

3.1.3 Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Varios óxidos de nitrógeno, todos ellos pudiendo ser producidos a partir de la quema de combustible, poseen impactos significativos sobre el medio ambiente y la salud. Los principales compuestos de ese tipo son el dióxido de nitrógeno (NO₂), el óxido nitroso (N₂O) y el óxido nítrico (NO). Colectivamente, esos compuestos son designados simplemente como NOx.

La niebla seca (smog) fotoquímica es constituida cuando los NOx y compuestos orgánicos volátiles (VOCs) reaccionan ante la presencia de la luz del sol para formar ozono. La niebla seca (smog) irrita severamente las membranas de las mucosas de la nariz y de la garganta, lo que puede provocar tos e incluso sufocación. Ella también perjudica el funcionamiento normal de los pulmones y la exposición de larga duración puede causar daños permanentes. El ozono también puede reducir la producción de culturas.

Los NOx y el dióxido de azufre reaccionan con otras sustancias encontradas en el aire y forman ácidos que pueden llegar al suelo como "lluvia ácida", causando daños materiales y, en algunas áreas, haciendo que lagos y ríos se tornen estériles. Por medio de una reacción con el amoníaco u otros compuestos, los NOx pueden ser transformados, pasando de gas a minúsculas partículas de ácido nítrico que, al ser inhaladas, pueden afectar la respiración, dañar el tejido pulmonar y llevar hasta incluso a una muerte prematura.

El óxido nitroso (N₂O) es un gas del efecto invernadero extremadamente poderoso. Su influencia como gas de invernadero es más de 298 veces mayor que la del dióxido de carbono (CO₂), pero por suerte de manera general él es producido en cantidades relativamente pequeñas. Existe la preocupación de que las reacciones químicas en los conversores catalíticos instalados en vehículos motorizados, para reducción de la emisión de otros contaminantes, pueden en verdad aumentar las emisiones de N₂O.

3.1.4 Hidrocarburos (HC), también llamados de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)

Los hidrocarburos son compuestos que contienen solamente átomos de hidrógeno y de carbono. Ellos están presentes en el aire tanto como gases naturalmente ocurrentes como a partir de la quema incompleta de combustibles a base de carbono. Así como son emitidos durante la combustión, los hidrocarburos también son liberados hacia la atmósfera por medio de la evaporación de pinturas y solventes, procesos industriales y de los vehículos movidos a gasolina durante el reabastecimiento o por medio de fallas en los sistemas instalados de recuperación de vapores de los mismos.

Ellos comprenden una amplia gama de compuestos orgánicos gaseosos, varios con estructuras químicas complejas, que reaccionan con los NOx en presencia de la luz del sol y forman ozono troposférico - un precursor de la neblina seca (smog) fotoquímica.

Algunos compuestos de hidrocarburos, clasificados como “**Tóxicos del Aire**”, son extremadamente peligrosos para los humanos, pero son generados solamente en cantidades muy pequeñas a partir de vehículos motorizados.

Algunos tóxicos del aire son sabidamente carcinogénicos y también hay la sospecha de que ese grupo de compuestos químicos desempeñe un papel importante en el crecimiento rápido de algunas enfermedades del "siglo 20", incluyendo el asma. De cualquier modo, como la concentración ambiente de los mismos es extremadamente baja, aun no fue posible establecer de una manera confiable las características dosis - respuesta, ni atribuir un costo monetario directo sobre sus efectos de exposición (vea a Sección 3.1.9).

3.1.5 Ozono (O₃)

El ozono es un gas compuesto simplemente de tres átomos de oxígeno. El ozono no es normalmente emitido directamente hacia el aire, pero es creado a nivel troposférico por la reacción química entre óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (VOCs) ante la presencia de la luz solar. El escape de vehículos motorizados, emisiones industriales, vapores de gasolina y solventes químicos, así como fuentes naturales, emiten NOx y VOCs que ayudan a formar el ozono, que es el constituyente principal de la neblina seca (smog) fotoquímica.

A partir de una perspectiva de la salud, el ozono está ligado a algunas enfermedades respiratorias, incluyendo la irritación de vías aéreas, agravamiento del asma, aumento de la susceptibilidad a enfermedades respiratorias, como neumonía y bronquitis, y daños permanentes para los pulmones a partir de exposiciones repetidas.

El ozono también daña la vegetación y los ecosistemas. Solamente en los Estados Unidos, el mismo es responsable de una reducción en la cosecha estimada en US\$ 500 millones cada año.

3.1.6 Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro y venenoso compuesto de un átomo de carbono y uno de oxígeno. Es formado cuando un combustible a base de carbono no es quemado completamente.

Cuando inhalado, el CO entra en la corriente sanguínea, donde se enlaza químicamente a la hemoglobina, que normalmente transporta oxígeno hasta las células, y reduce la entrega de oxígeno para todos los tejidos. Incluso en concentraciones relativamente bajas, el CO puede afectar adversamente la función mental, la acuidad visual y el estado de vigilia. En concentraciones más elevadas, la exposición puede ser fatal.

3.1.7 Dióxido de Azufre (SO₂)

El dióxido de azufre causa una amplia variedad de impactos sobre la salud y el medio ambiente por causa de la manera como el mismo reacciona con otras sustancias en el aire. Grupos especialmente sensibles incluyen personas con asma que sean activas en ambientes abiertos y niños, ancianos y personas con enfermedades cardíacas o pulmonares. Los niveles de pico de dióxido de azufre en el aire pueden provocar dificultad temporal de respiración en personas con asma que son activas, en ambientes abiertos. La exposición prolongada a altos niveles de dióxido de azufre en gas y partículas ocasiona enfermedad respiratoria y agrava enfermedades cardíacas existentes.

El dióxido de azufre también reacciona con otros compuestos químicos en el aire para formar partículas pequeñas de sulfato. Cuando esas partículas son inhaladas, ellas se juntan en los pulmones y están asociadas a un aumento en los síntomas respiratorios y enfermedades, dificultad para respirar e incluso a una muerte prematura.

Cuando el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno reaccionan con otras sustancias en el aire, ellos pueden formar ácidos, que caen en la tierra como lluvia, neblina, nieve o partículas secas - ese fenómeno es normalmente descrito como "lluvia ácida", y puede ser cargado por el viento por centenas de kilómetros.

La lluvia ácida daña forestas y culturas, altera la composición del suelo, y torna lagos y ríos ácidos e impropios para la pesca. La exposición continua a lo largo del tiempo altera la variedad natural de las plantas y animales de un ecosistema.

El Gas LP emite poco o ningún dióxido de azufre. Es la fuente de energía ideal para sustituir varios de los combustibles con azufre que aun son usados, en particular en calentadores a base de quema de leña y en varias fuentes de calor de procesos industriales.

Otras cuestiones relacionadas al contenido de azufre de los combustibles son abordadas en el Anexo Técnico A1.

3.1.8 ¿Cuáles Combustibles?

La mezcla de contaminantes y sus tasas de emisión relativas pueden variar considerablemente entre combustibles individuales. Este documento se concentra en las fuentes de energía más ampliamente disponibles generalmente utilizadas para preparación de alimentos, calefacción, generación de electricidad y transporte. Son ellas:

- gasolina
- diesel
- gas licuado de petróleo [Gas LP]
- gas natural (metano) [GN]
- carbón
- carbón vegetal
- leña y biomasa

Aunque varios de esos combustibles poseen características físicas bastante distintas, todos están relacionados en la medida en que la estructura química básica de los mismos consiste casi que totalmente en carbono e hidrógeno.

Los cuatro primeros combustibles listados anteriormente son de origen fósil, creados a lo largo de millones de años a partir de los restos de organismos depositados en el lecho del mar y enterrados bajo capas pesadas de sedimentos. El calor y presión resultantes hicieron que la materia orgánica fuese transformada en hidrocarburos líquidos y gaseosos, que pueden ser recuperados por perforación a través de capas sedimentarias. El Gas LP y el metano son frecuentemente recuperados a partir de un mismo pozo y ambos comparten varios beneficios relacionados con la salud.

El carbón, por otro lado, es formado a partir de vegetación terrestre y tiende a ser encontrado próximo a la superficie de la tierra. El metano, comercializado como "gas natural", está muchas veces presente en las minas de carbón, además de ser encontrado en los estratos de combustible fósil.

Los tres últimos ítems de la lista consisten o son directamente derivados de vegetación de superficie (biomasa).

El metano también es generado por medio de la descomposición a corto plazo de vegetación y residuos. Siendo así, el mismo puede ser capturado en depósitos de basura y locales similares, y después almacenado y distribuido. El metano producido de ese modo representa solamente una pequeña fracción del consumo total.

3.1.9 Compuestos Tóxicos del Aire

Además de los contaminantes reglamentados existe una amplia relación de compuestos "tóxicos del aire", algunos de los cuales son designados como carcinogénicos; otros pueden presentar efectos graves sobre los sistemas neurológicos y reproductor humanos. La US EPA clasifica 187 compuestos como "contaminantes peligrosos del aire".

A pesar de que la mayoría de esos compuestos sea emitida en cantidades muy pequeñas y de los impactos sobre la salud ser a veces difíciles de establecer en las tasas de dosificación típicamente encontradas, ellos son aun así considerados suficientemente peligrosos para ser monitoreados, y, cuando eso es posible, ocurre con la minimización de la exposición humana. La EPA estima que fuentes móviles (autos, camiones y buses, etc.) de tóxicos del aire respondan por hasta la mitad de todos los cánceres atribuidos a fuentes de tóxicos del aire en espacios abiertos (US EPA 1994).

Prácticamente todos los combustibles producen alguno de esos compuestos peligrosos al ser quemados, pero existen grandes diferencias en los niveles de emisión entre combustibles individualmente. La gasolina tiende a poseer elevadas emisiones de tóxicos del aire, mientras el Gas LP posee las menores, esencialmente en razón de su estructura química extremadamente simple que promueve una quema muy limpia y completa. Para ilustrar eso, la Figura 3.2 compara los niveles relativos de las emisiones típicamente exhaladas a partir de los motores de vehículos (con la gasolina = 100 como referencia) de algunos de los principales tóxicos del aire para los combustibles comerciales más ampliamente disponibles (Anyon, 2002), con base en los datos de informe de la Argonne National Laboratory report (Winebrake J., 2000).

Nota: CURE = Unidad Estimada de Riesgo de Cáncer (Cancer Unit Risk Estimate), definida como "el mayor riesgo estimado de cáncer durante el tiempo de vida excedente resultante de la exposición continua a un agente (por ejemplo, un agente químico) a una concentración de 1 microgramo por metro cúbico en el aire o 1 microgramo por litro en agua". Así, cuanto mayor el número CURE, mayor el riesgo de cáncer humano.

La Tabla 3.3 (abajo) es basada en datos del Gobierno de Australia (NPI 2000) y también destaca los niveles extremadamente bajos de emisión de tóxicos del aire a partir de vehículos movidos a Gas LP, en comparación con los equivalentes a gasolina y diesel.

Emisiones de Tóxicos del Aire, Escape de Vehículos de Pasajeros (g/km)			
Por Tipo de Carretera			
Tipo de Carretera:	Arterial	Freeway	Residencial
Benceno			
Gasolina	0.08291	0.08817	0.09541
Diesel	0.00334	0.00313	0.00518
Gas LP	0.00001	0.00001	0.00002
1,3-butadieno			
Gasolina	0.01064	0.00993	0.01642
Diesel	0.00064	0.00059	0.00099
Gas LP	0.00010	0.00009	0.00015
HAPs			
Gasolina	0.00668	0.00625	0.01035
Diesel	0.00674	0.00628	0.01041
Gas LP	0.00000	0.00000	0.00000
Tolueno			
Gasolina	0.05618	0.02531	0.05618
Diesel	0.01573	0.00710	0.01573
Gas LP	0.00000	0.00000	0.00000
Xilenos			
Gasolina	0.08880	0.04175	0.08880
Diesel	0.03405	0.02516	0.03405
Gas LP	0.00000	0.00000	0.00000

Figura 3.3: Emisiones de Tóxicos del Aire por Vehículos de Pasajeros por Tipos de Combustible y Carretera (NPI 2000)

Para una discusión más abarcadora sobre contaminantes reglamentados y sustancias tóxicas del aire, consulte el Anexo A1 de este documento.

4 Cuantificación de los Impactos sobre la Salud

4.1 Panorama

La atribución de valores monetarios a enfermedades y muertes humanas es una cuestión sensible y a veces controvertida. Partiendo de un punto de vista puramente académico es ciertamente posible considerar en conjunto los costos monetarios asociados a una gama de factores relacionados, o que sean directamente resultantes, a enfermedad o muerte de una persona. Pero también puede ser argüido que a partir de otra perspectiva, los costos sociales son por lo menos tan importantes como una simple acumulación de dólares.

Lógicamente, el análisis económico de la polución y salud es influenciado por las circunstancias financieras de las personas involucradas y de la sociedad en la cual ellas viven. Así, esos análisis tienden a dirigir su foco sobre:

- la media de los niveles de renta para la región considerada y la pérdida de ingresos domésticos que pueda ser atribuida a enfermedades o muertes;
- el costo de suministro de servicios de hospitalización y de servicios médicos;
- el costo de suministro de servicios sociales y de apoyo como consecuencia de enfermedades o muerte de un individuo;
- el valor de la pérdida de productividad causada por la incapacidad de una persona de contribuir a la economía; y
- estimativa de la "predisposición de pago" por parte de la comunidad para evitar una muerte prematura.

Aparte del último ítem, la mayoría de esos factores puede ser analizada con la utilización de datos bien investigados, y un número monetario racional, relevante para la economía general de la región considerada, puede ser aplicado.

No obstante, una vez que nos separamos de la economía social relativamente ordenada del mundo desarrollado, varios de los factores anteriores se tornan irrelevantes. En áreas remotas de países en desarrollo, para la mayoría de la población, la simple supervivencia de un día hasta el día siguiente pasa a ser el foco total de la vida.



En una sociedad de subsistencia, los niveles de renta están muchas veces cerca de cero. La asistencia médica y los servicios hospitalarios son muy probablemente de difícil acceso, o incluso casi inexistentes. La pérdida de productividad no es medida en dólares o euros, sino en la habilidad de una persona contribuir a la comunidad al reunir y preparar alimentos, cultivar culturas, o criar animales.

Así, usando medidas aplicadas a habitantes de una economía desarrollada, el valor de la vida en una sociedad pobre sería extremadamente bajo. Pero es claro que ese no es el caso. La vida y el bienestar de una familia o de amigos son tan valiosos para los miembros de una sociedad pobre en dinero como lo es para los más ricos habitantes de las grandes ciudades.

Pero existe una base común cuando nos concentramos solamente en los impactos sobre la salud, cuando las consecuencias de la exposición a contaminantes son principalmente determinadas por:

- niveles de exposición a los contaminantes preocupantes (normalmente especificados como una concentración en partes por millón o microgramos de contaminante por metro cúbico de aire); y
- la respuesta a dosificación típica (gravedad del impacto sobre la salud) para los niveles de exposición encontrados.

Este trabajo, por tanto, muestra impactos sobre la salud, en términos monetarios, cuando la materia considerada es de naturaleza macro, tal como la cuantificación de las consecuencias de la exposición a la polución de vehículos motorizados en áreas urbanas. Cuando las cuestiones son mucho más localizadas, los impactos serán presentados en términos de riesgos para salud de individuos, sin referencia a valores monetarios.

Aunque ningún contaminante sea considerado sin importancia, algunos son más importantes que otros. En la mayoría de las regiones la mayor preocupación es dirigida a materias particuladas (PM), óxidos de nitrógeno (NOx) y carbonos orgánicos volátiles (VOCs). De esos, las tasas de PM son generalmente más elevadas, como será visto cuando los impactos para los gastos con salud fueren examinados en la próxima sección.

Una gran cantidad de investigaciones fue ejecutada para relacionar niveles de exposición a impactos sobre la salud. La enorme diversidad de respuesta de los individuos a cualquier concentración de un contaminante específico, combinada con los niveles continuamente variables de concentración de polución y las dificultades en alcanzar una consistencia en el diagnóstico o en la gravedad de la enfermedad, contribuye siempre para un grado de incertidumbre en cualquier análisis numérico.

No obstante, las técnicas desarrolladas por estudios de Series Temporales envolviendo números muy grandes de pacientes permiten que relaciones estadísticas válidas sean desarrolladas entre el nivel de la dosis y la respuesta a dosificación. La Tabla 4.1 (Künzli et al, 2000) presenta la estimativa de riesgo relativo de algunos factores específicos para salud que son aumentados en 10 µg por metro cúbico en la exposición a partículas con un tamaño de 10 micrones o menos (PM10). Ese estudio que sirvió de base para la Tabla cubrió residentes de Austria, Francia y Suiza. (Nota: El número en la columna del medio es un multiplicador, lo que significa que cada aumento de 10µg/m³ en la PM10 va a aumentar el riesgo corriente según ese factor. Por ejemplo, en la primera línea el nivel de riesgo corriente será multiplicado por 1.043 para cada aumento de 10 µg/m³ en la exposición a PM10.)

Resultado sobre la Salud	Estimativa de Riesgo Relativo Asociada a un Aumento de 10µg/m³ en PM10	Grado de Confianza de 95%
Mortalidad (adultos > 30 años, excluyendo muertes violentas)	1.043	1.026-1.061
Internaciones hospitalarias respiratorias (todas las edades)	1.013	1.001-1.025
Internaciones hospitalarias cardiovasculares (todas las edades)	1.013	1.007-1.019
Incidencia de bronquitis crónica (adultos > 25 años)	1.098	1.009-1.194
Episodios de bronquitis (niños < 15 años)	1.306	1.135-1.502
Días de actividad restringida (adultos > 20 años)	1.094	1.079-1.502
Ataques de asma (niños < 15 años)	1.044	1.027-1.062
Ataques de asma (adultos >15 años)	1.039	1.019-1.059

Tabla 4.1: Estimativas de Riesgo para Aumento de 10 µg/m³ en PM10 Usadas en (Künzli et al, 2000).

Incluso exposiciones de corta duración a la PM pueden causar consecuencias graves para la salud. En 2005 la Organización Mundial de la Salud divulgó una publicación resumiendo una investigación de varios años sobre las alteraciones diarias en las concentraciones de PM y la asociación de las mismas sobre los resultados para la salud. El informe en el cual la OMS basó su publicación (Anterson H et al, 2004) concluyó que alteraciones de corto plazo en las PM en todos los niveles pueden llevar a reacciones inflamatorias en los pulmones, síntomas respiratorios, efectos adversos sobre el sistema cardiovascular, aumentos en el uso de medicamentos, internaciones hospitalarias y mortalidad. Esos descubrimientos son resumidos en la Tabla 4.2 abajo. (Nota: El número en la columna del medio de la Tabla 4.2 es, en este caso, un aumento porcentual en la incidencia de esos resultados para cada aumento incremental de 10µg/m³ en la exposición a PM10.)

Resultado sobre la Salud	Aumento Porcentual Estimado para el Riesgo para cada 10 µg/m³ PM10	Grado de Confianza de 95%
Mortalidad por causas genéricas	0.6	0.4 - 0.8
Mortalidad por enfermedades respiratorias	1.3	0.5 - 2.0
Mortalidad por enfermedades cardiovasculares	0.9	0.5 - 1.3
Internaciones hospitalarias por enfermedades respiratorias, personas con 65 de edad o más	0.7	0.2 - 1.3

Tabla 4.2: Estimativas de Riesgo para Aumento de 10 µg/m³ en PM10 Usadas en (Künzli et al, 2000).

4.2 Impacto en los Gastos con Salud

Conforme comentado anteriormente, la cuantificación del costo de enfermedades y muertes prematuras a partir de la exposición a la polución envuelve la estimativa de los niveles de exposición y dosis-respuesta, y después la relación de las consecuencias calculadas con relación a la salud al valor monetario de los cuidados médicos, servicios sociales, ingresos no recibidos y costo de pérdida de productividad. La mayor parte de las estimativas sobre los impactos con gastos de salud también incluye un valor que representa la "disposición de pagar" de las sociedades para evitar muertes prematuras.

Sale del alcance de este informe ingresar en un debate detallado sobre las metodologías y exposición de los principios utilizados en los varios estudios que fueron hechos para relacionar la polución a costos financieros. En vez de eso, vamos a rever la extensión de estimativas que fueron propuestas para consideración en relación a los contaminantes esenciales del aire generados por los combustibles comúnmente usados. Esas estimativas varían considerablemente, con algunas de ellas claramente subestimando y algunas probablemente superestimando los costos líquidos para la sociedad.

No obstante, debe ser notado que los impactos totales de los gastos con salud no son basados solamente en los niveles de exposición ambiental. Dos factores esenciales que entran en juego son:

- densidad poblacional (para una dada concentración de contaminante, al doblar el número de personas en una determinada área, se dobla el impacto general de los gastos con salud)
- Producto Interno Bruto (PIB) en términos per capita, ya que esa es una medida general de prosperidad, los niveles de renta y los gastos con servicios médicos y sociales en una región.

Para conveniencia, el valor monetario atribuido a los contaminantes individuales es normalmente expresado en euros (o dólares, etc.) por tonelada. Ese abordaje es muy útil porque permite un análisis de escenarios con base en el número de fuentes que contribuyen a la concentración general de los niveles de contaminantes y, lo que es importante, cómo los niveles de contaminantes pueden ser alterados durante las medidas para reducción de las emisiones a partir de fuentes individuales o para reducción del número efectivo de fuentes dentro de una determinada área.

Por ejemplo, las autoridades pueden desear explorar el valor del cambio para combustibles con estándares más limpios, o usar de manera intrínseca combustibles más limpios, o exigir que equipos atiendan a normas más rigurosas para los estándares de emisión.

La Tabla 4.3, extraída de un informe preparado para la Comisión Europea (Holland M et al, 2005), resume los gastos medios con daños (€ por tonelada) para los contaminantes reglamentados más significativos en todas las economías de la Unión Europea continental. Por favor, note que los gastos incluyen daños estimados a cosechas, además de impactos sobre la salud del hombre. No obstante, el valor monetario del daño a una cosecha es solamente una proporción muy pequeña del total (de manera general, menos del 5%) y, así, los valores en la tabla pueden ser considerados como indicadores próximos de los gastos con salud estimados.

Gastos con Salud por Contaminantes (€ por tonelada) - Naciones Europeas

Contaminantes:	PM _{2.5}	NO _x	VOCs
Austria	€ 110.000	€ 24.000	€ 5.200
Bélgica	€ 180.000	€ 14.000	€ 7.100
República Checa	€ 91.000	€ 20.000	€ 3.000
Dinamarca	€ 48.000	€ 12.100	€ 2.000
Estonia	€ 12.000	€ 2.200	€ 420
Finlandia	€ 16.000	€ 2.000	€ 490
Francia	€ 130.000	€ 21.000	€ 4.200
Alemania	€ 140.000	€ 26.000	€ 5.100
Grecia	€ 25.000	€ 1.900	€ 880
Hungría	€ 72.000	€ 15.000	€ 2.700
Irlanda	€ 42.000	€ 11.000	€ 2.000
Italia	€ 97.000	€ 16.000	€ 3.500
Letonia	€ 25.000	€ 3.700	€ 650
Lituania	€ 24.000	€ 5.000	€ 710
Luxemburgo	€ 120.000	€ 24.000	€ 8.000
Malta	€ 27.000	€ 1.700	€ 1.300
Países Bajos	€ 180.000	€ 18.000	€ 5.400
Polonia	€ 83.000	€ 10.000	€ 1.900
Portugal	€ 64.000	€ 3.200	€ 1.600
Eslovaquia	€ 58.000	€ 14.000	€ 2.000
Eslovenia	€ 64.000	€ 18.000	€ 4.400
España	€ 54.000	€ 7.200	€ 1.100
Suecia	€ 34.000	€ 5.900	€ 980
Reino Unido	€ 110.000	€ 10.000	€ 3.200

Tabla 4.3: Gastos de Salud por Contaminantes (por tonelada) para Países Europeos (Holland M et al 2005).

Debe ser observado que los gastos con salud anteriores son, para cada país, ponderados a lo largo de las regiones urbanas, provinciales y rurales de cada uno. Luego, la distribución de densidades poblacionales a lo largo de los países, conjuntamente con los niveles de exposición a contaminantes en las diferentes regiones, resulta en diferencias para en los gastos relativos atribuidos a los contaminante.

Un ejemplo de variaciones regionales en los gastos con salud para un determinado país es ilustrado en el informe (Rabl y Spadaro, 2000), que estima los impactos de gastos con salud representados por un viaje de auto de París para Lyon en Francia, una distancia de 465km. Ese informe toma en cuenta los factores definidos en el párrafo precedente, y los gastos con salud agregados por tonelada son resumidos en la Tabla 4.4, abajo.

Contaminante	Gastos con Salud (€ / tonelada)
PM_{2.5}	160.000
SO₂	10.000
NO₂	15.700
VOC	700
CO	20

Tabla 4.4: Gastos con Daños a la Salud por Tonelada de Contaminantes para un Viaje de París hasta Lyon

Los valores medios de los gastos con salud en todo el país son razonablemente consistentes con otros informes publicados, pero es interesante notar que el informe Rabl también cuantifica las diferencias entre los impactos urbanos y rurales sobre la salud, que son estimados como 14 veces más elevados que la media para el viaje en París, y aproximadamente siete veces más bajos para viajes rurales en el sudoeste de Francia.

Los resultados del informe Rabl subrayan el valor adicionado sustancial en la elección de fuentes de energía de baja polución en áreas con altas densidades poblacionales.

5 Gas LP en Aplicaciones Esenciales

El valor del cambio para el Gas LP como una fuente de energía puede ser demostrado por el examen de algunas aplicaciones prácticas. Usando investigaciones independientes y datos de pruebas prácticas para evaluar y comparar una extensión de combustibles líquidos y gaseosos comercialmente disponibles, conjuntamente con algunos combustibles sólidos "recogidos", los beneficios para la salud y la economía del uso del Gas LP se tornaron evidentes por sí mismos. Las aplicaciones discutidas incluyen:

- Transporte de carretera
- Cocción (con foco principal en regiones en desarrollo)
- Calentamiento de agua y ambientes en residencias
- Generación de energía eléctrica
- Otras aplicaciones

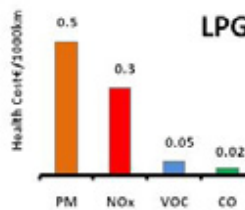
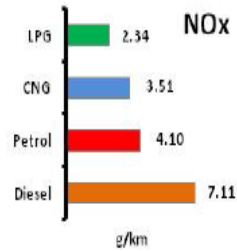
Los anexos de este informe suministran una cobertura más profundizada sobre varios tópicos para lectores que desean explorar problemas técnicos específicos de manera más detallada.

Con base en sus tasas de emisión relativa en cada aplicación, cada combustible fue evaluado en relación a su impacto sobre la salud humana, y, cuando viable, son hechas estimativas sobre los impactos económicos consecuentes a la exposición humana a cada combustible, en cada una de las aplicaciones debatidas.

Cuando sea práctico hacerlo, los datos son presentados en gráficos, usando formatos de gráficos consistentes. Por ejemplo, las emisiones de contaminantes relativas a cada combustible son exhibidas en un gráfico de barras dispuestas horizontalmente, semejante al mostrado al lado, conjuntamente con valores numéricos. Las unidades de medida son aquellas más apropiadas para la aplicación (por ejemplo, gramos por kilómetro para transporte de carretera, o gramos por megajoule para calefacción).

Las tasas de emisión de contaminantes son basadas en informes de pruebas independientes hechas por organizaciones de pruebas o investigación reconocidas. Por causa de la variabilidad inherente de los resultados de pruebas de emisión, incluso a partir de dispositivos o vehículos del mismo tipo y nivel de tecnología nominales, los datos de varias pruebas fueron agregados para generar un valor medio representativo, siempre que posible.

Cuando hay disponibilidad de un dato adecuado, los gastos con salud típicos para cada contaminante, dentro del contexto de cada aplicación específica, también serán exhibidos en la forma de un gráfico dispuesto de manera vertical, para cada tipo de combustible (vea al lado). Nuevamente, los gastos con salud son reportados en unidades apropiadas para la aplicación. Cuando la cuantificación de los impactos sobre la salud no sea viable en términos monetarios, las diferencias son expresadas como relaciones o como discusión cualitativa.



Los gastos con salud calculados pueden variar grandemente dependiendo de algunos factores locales y regionales. Esos factores incluyen: densidad poblacional, niveles de renta, gastos con tratamientos de salud y la extensión hasta la cual los servicios sociales están disponibles (para una discusión más detallada sobre los impactos, para la salud y la economía, de diferentes contaminantes, consulte la Sección 4.1).

Además de eso, las tasas de las emisiones de contaminantes varían de manera considerable (tanto en términos absolutos como relativos, unas en relación a las otras), en respuesta a algunos factores, incluyendo: el tipo de aplicativo, sus principios operacionales, niveles de tecnología, la presencia o no de sistemas de reducción de polución post-combustión y los ciclos de trabajo típicos. Por esas razones, aunque hayan sido tomadas en cuenta siempre que fue viable hacerlo, las estimativas de emisiones generales de contaminantes pueden no ser tan precisas como aquellas, por ejemplo, de CO₂, porque el CO₂ en cualquier combustible es calculado simplemente por la multiplicación de la masa del combustible consumido por un único número constante, independientemente de la aplicación para la cual el combustible es usado o de las tecnologías empleadas.

5.1 Transporte De carretera

La gasolina y el diesel son los principales combustibles utilizados para el transporte hace más de un siglo. Pero las preocupaciones sobre la mala calidad del aire para la salud, cambios climáticos, y agotamiento de las reservas, combinadas con el potencial de interrupciones en el suministro, llevaron a una disponibilidad mucho mayor de fuentes energéticas alternativas y menos contaminantes para vehículos motorizados.

Desde mediados del siglo 20, el uso de vehículos motorizados estuvo fuertemente asociado a la salud pública. Esa cuestión fue llevada a discusión en California, donde una población rápidamente creciente y altamente motorizada fue sometida a episodios graves de neblina seca (smog) fotoquímica causados principalmente por las emisiones de productos de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que reaccionaban en presencia de la fuerte luz del sol en California. La incidencia grave de enfermedades respiratorias y cardíacas atribuibles a la neblina seca (smog), combinada con la pérdida de la amenidad visual, llevó a la introducción de límites reglamentados para las emisiones de contaminantes provenientes de autos y verificaciones periódicas para asegurar que ellos estaban siendo mantenidos de la manera adecuada.

El rápido aumento en la popularidad de vehículos movidos a diesel, particularmente en Europa y en Asia, concentró una enorme cantidad de atención sobre los efectos adversos para la salud causados por la Materia Particulada (PM) fina, que es emitida por motores diesel a tasas mucho más elevadas que las encontradas en motores movidos a gasolina o combustibles gaseosos.

Las partículas generadas por motores de combustión interna son especialmente peligrosas por causa del tamaño extremadamente pequeño de las mismas, con la mayor parte de las partículas siendo inferior a un micrón (1/1.000 mm) de diámetro. Esas pequeñas partículas pueden penetrar en las partes más profundas y sensibles de los pulmones y pasar a través del tejido pulmonar directamente hasta la corriente sanguínea. Las partículas finas fueron clasificadas por la US EPA como un contaminante causador de cáncer y también son el origen directo de enfermedades cardíacas y respiratorias graves, y posiblemente de daños al cerebro.

Por esas razones, el impacto monetario sobre la salud vinculado a la PM es en general cerca de 20 a 30 veces más elevado por kilogramo que para los VOCs o NOx, y más de 100 veces más alto que para el CO.

A lo largo de los últimos años, el control de las emisiones de PM viene siendo la prioridad más elevada para los legisladores, y los niveles máximos permitidos para emisiones fueron reducidos en aproximadamente un factor 28 a lo largo de la década pasada. Varias tecnologías nuevas para reducción de la producción de partículas dentro del motor y para filtrar las partículas del escape fueron desarrolladas para atender a esas normas más rigurosas. Las emisiones de NOx, por causa de su influencia sobre el ozono y en partículas, también poseen una alta prioridad.

Las Tablas 5.1(a) y (b), abajo, resumen la progresión de la reglamentación en Europa para autos de paseo, camiones y buses de uso pesado desde su creación, en 1992 (Fuente: <http://www.dieselnet.com>).

Clase	Fecha	Prueba	CO	HC+ NOx	NOx	PM
Diesel						
Euro 1+	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	- 0.14	(0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01a	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09b	0.50	-	0.23	0.18	0.005e
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005e
Gasolina						
Euro 1-	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1,13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09b	1.0	0.10 ^c	-	0.06 0.005d,y	
Euro 6	2014.09	1.0	0.10c	-	0.06 0.005d,y	

* En las etapas Euro 1..4, los vehículos de pasajeros > 2.500 kg fueron aprobados en cuanto a su tipo como vehículos de la Categoría N₁
+ Los valores entre paréntesis están en conformidad con los límites de producción (COP)
a - hasta 30 de septiembre de 1999 (después de esa fecha los motores DI deberán cumplir los límites IDI)
b - Janeiro de 2011 para todos los modelos
c - e NMHC = 0.068 g/km
d - aplicable solamente a vehículos que usan motores DI
e - hay propuesta para que sea alterado para 0.003 g/km usando el procedimiento de medición PMP

Figura 5.1(a): Tendencias de Reglamentación de Emisiones en Europa para Autos de Pasajeros (g/km)

Clase	Fecha	Prueba	CO	HC	NOx+ NOx	PM	Humo
Euro I	1992, < 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25	
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	1999.10, solamente EEVs	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000.10	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10	0.8
						0.13g	
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro VI+	2013.01		1.5	0.13	0.4	0.01	

+ Propuesta (16 de diciembre de 2008)

a - para motores con menos de 0.75 dm³ de cilindrada total por cilindro y una velocidad y potencia nominal de más de 3.000 min⁻¹

Figura 5.1(b): Tendencias de Reglamentación Europea para Motores de Camiones y Buses de Uso Pesado (g/kWh)

A lo largo de los últimos cincuenta años, todos los países desarrollados y la mayor parte de los países en desarrollo introdujeron controles similares sobre niveles de emisión a partir de vehículos nuevos. La naturaleza internacional de fabricación y comercialización de vehículos motorizados también orientó un aumento en el nivel de armonización en los estándares y reglamentos sobre emisiones. Los estándares más ampliamente implementados (generalmente designados como reglamentos Euro) son aquellos desarrollados por medio de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (United Nations Economic Commission for Europe - UNECE), que son aplicados de manera uniforme en toda la Unión Europea y también fueron adoptados en varias otras regiones. La Comisión Europea propone y adopta primero los reglamentos Euro dentro de la Unión Europea, y después esos reglamentos son traducidos en reglamentaciones de la UNECE. Los EUA además mantienen su propio conjunto de reglamentaciones sobre emisiones, pero existe un trabajo para unificar los dos sistemas.



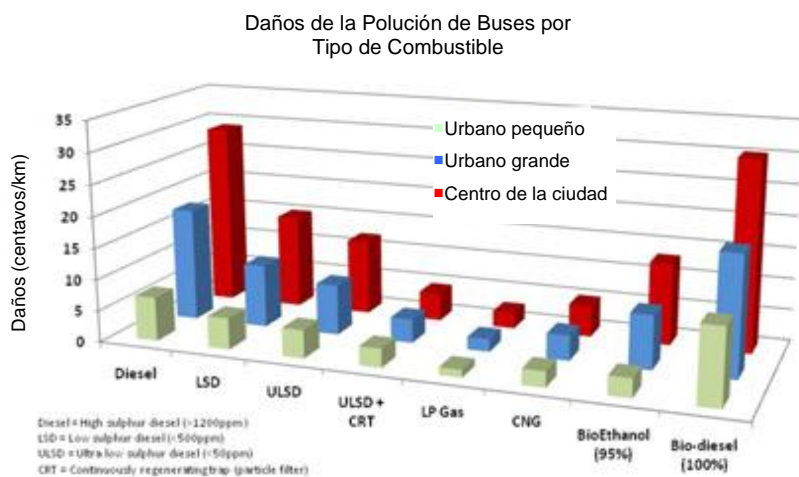
El Gas LP (frecuentemente llamado de Autogas cuando es utilizado como combustible para automóviles) es el combustible más ampliamente disponible y aceptado para transporte de carretera. Más de 13 millones de vehículos movidos a Gas LP existen actualmente en todo el mundo, consumiendo más de 20 millones de toneladas anualmente. Tanto como es práctico y limpio, la atractividad del Gas LP en varios países es ampliada por medio de políticas de tributación que lo tornan una alternativa con costo mucho menor al de la gasolina o al del diesel tanto para vehículos de uso ligero como para de uso pesado.

En varias circunstancias, los sistemas de combustible con Gas LP son instalados en los vehículos como una conversión después de la compra, a pesar de, en algunos mercados, particularmente en la región de Asia, los vehículos de fábrica a Gas LP representen una grande y creciente proporción entre los vehículos nuevos.

Motores para uso pesado a base de Gas LP ya existen hace casi 100 años en los EUA, pero durante varias décadas la utilización de los mismos fuera de los EUA fue extremadamente limitada. Algunos motores de uso pesado a Gas LP (en su mayoría adaptaciones de sus contrapartes a diesel) están ahora disponibles en varios de los principales fabricantes de motores. Esos motores son empleados en buses y camiones medianos, principalmente en los EUA y en Corea del Sur, pero cada vez más en otras regiones alrededor del globo.

Las cantidades muy bajas de emisiones gaseosas y de partículas a partir de motores a Gas LP tornan los mismos idealmente adecuados para buses y vehículos de entrega que operan dentro de áreas urbanas. Para abordar esa cuestión específica en términos monetarios, en 2001, el Consejo de la Industria de Buses de Australia contrató al Sr. Paul Watkiss, uno de los mayores especialistas de Europa en composición de precios con condicionantes externas, para traducir los resultados de los estudios europeos de condicionantes externas para un contexto australiano (BIC, 2001).

Con foco en los daños de la polución generada por buses, con base en centavos por kilómetros, su trabajo toma en cuenta las densidades australianas para las poblaciones humanas y de vehículos, tamaño de las ciudades y valores de morbilidad / mortalidad, así como el desempeño de emisiones de vehículos locales. Los resultados de su análisis son resumidos en el gráfico abajo.



(Nota: 1,0 centavo australiano = aprox. 0.5 centavo de euro)

Figura 5.2: Daños de la Polución por Tipo de Combustible en Buses Urbanos (A\$ centavos/km)

La Figura 5.2 es particularmente valiosa porque, aunque el trabajo haya sido concluido en 2001, el mismo incluye tecnologías de tratamiento del motor y después del escape que combinan con aquellas que son obligadas a cumplir los reglamentos actuales (o sea, motores a diesel operando con diesel con azufre ultrabajo (ULSD)) y equipados con filtros de partículas en el escape, ahora designado de manera más genérica como trampas de regeneración continua (continuously regenerating traps - CRT).

El gráfico muestra claramente cuánto las políticas que incentivan la utilización de buses y camiones movidos a Gas LP en áreas urbanas pueden potencialmente producir, en términos de resultados aun mejores que los de la tecnología de diesel actual, en las áreas donde es de vital importancia tener vehículos lo más limpios posible.

Las emisiones más bajas por parte de buses originalmente fabricados para uso del Gas LP permiten que los operadores presenten el estándar para emisiones Euro III y Euro IV bien antes de los cronogramas reguladores.

Para informaciones más detalladas sobre las emisiones de partículas por vehículos movidos a gasolina, diesel y Gas LP, consulte el Anexo A3 - Emisiones de Partículas a partir de Vehículos con Tecnología Actual.

Cada uno de los cuatro grupos siguientes de gráficos y notas que los acompañan resume (para las diferentes categorías de vehículos) las emisiones de los contaminantes, de vehículos de transporte, que son más preocupantes bajo la perspectiva de salud (PM, NOx, HC, CO).

Los impactos con gastos de salud para los contaminantes individuales usan valores franceses calculados por Rabl y Sparado (Rabl and Spadaro, 2000). Los valores numéricos están en la Tabla 4.4 de este documento.

(a) Vehículos de Pasajeros

Los dos conjuntos de vehículos de pasajeros presentan cada uno datos para vehículos que operan a gasolina, diesel y Gas LP. Un conjunto relaciona vehículos anteriores a 2005 (que atendían al Euro 3) en los cuales no había cualquier filtro de partículas instalado para los vehículos movidos a diesel. El segundo cubre vehículos con la tecnología actual (Euro 5), las versiones a diesel de los mismos equipadas universalmente con un filtro de partículas para diesel que reduce las emisiones de PM del tubo de descarga lo suficiente para cumplir los límites rigurosos del Euro 5.

Los datos para esos gráficos fueron obtenidos principalmente a partir de un proyecto de emisiones comparativas ejecutado en conjunto por tres laboratorios independientes de Europa de pruebas de emisiones (EETP, 2004). Los datos provenientes de ese proyecto son particularmente relevantes porque el mismo probó variantes a diesel, gasolina y Gas LP de siete automóviles diferentes con certificación Euro 3, posibilitando comparaciones del desempeño de emisiones de los mismos para cada combustible. Previendo futuras reglamentaciones, el programa también incluyó la prueba de una variante abastecida con diesel y equipada con un filtro de partículas para diesel (DPF).

En los gráficos para el Euro 5, los resultados del vehículo equipado con DPF son usados para las emisiones de PM de diesel, y las emisiones de NOx son factorizadas para reflejar las emisiones menores de ese contaminante para los vehículos con tecnología actual. Las emisiones medias para otros contaminantes ya fueron suficientemente bajas en vehículos Euro 3 para el cumplimiento de los límites actuales Euro 5, por eso no fueron factorizadas.

(b) Camiones y Buses para Uso Pesado

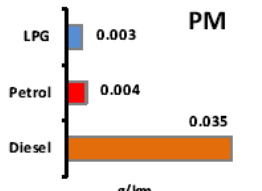
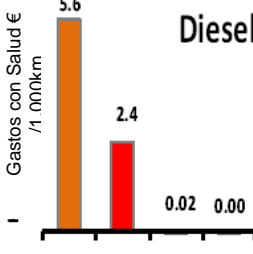
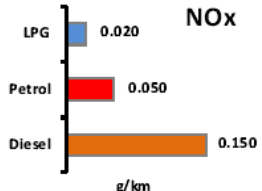
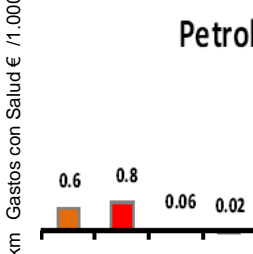
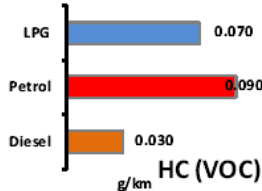
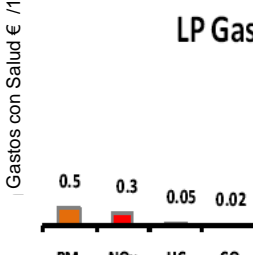
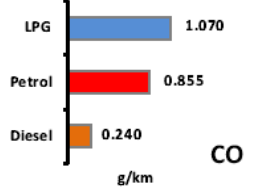
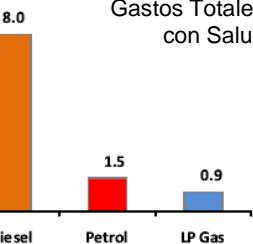
A pesar de existir un cuerpo considerable de datos de prueba para motores de vehículos de uso pesado - la mayoría de los resultados es expresada en gramos por quilowatt-hora (g/kWh), que no puede ser convertido directamente a la unidad necesaria, gramos por kilómetro (g/km) -, varios ciclos de pruebas fueron empleados, con diferentes perfiles de velocidad y contenido de energía, lo que torna las comparaciones extremadamente difíciles.

Por suerte, el Gobierno de Australia encomendó una serie abarcadora de programas de prueba a lo largo del período 2000-2005, envolviendo pruebas con dinamómetros de chasis en ciclo de dirección transiente de casi 900 vehículos, incluyendo algunos de trabajo pesado movidos con combustibles alternativos (GNC y Gas LP). Los datos provenientes de esas pruebas, conjuntamente con los de otras fuentes, fueron destilados en un conjunto abarcador de factores de emisión en carretera relacionados a velocidad (en g / km) por el Gobierno del Estado de Queensland para todos los contaminantes reglamentados, gases del efecto invernadero y una amplia variedad de contaminantes "tóxicos del aire".

Fundamentados en una previsión de rigor creciente introducido de manera progresiva por los reglamentos Euro, los datos también fueron factorizados para suministrar factores de emisiones para los años futuros hasta el Euro 5. En función del alto grado de consistencia y coherencia de los datos iniciales, esos factores de emisión fueron utilizados como base para las tasas de emisión de camiones y buses de uso pesado.

Solamente dos combustibles son incluidos para vehículos de uso pesado: diesel y Gas LP. Existe disponibilidad de vehículos pesados a gasolina, pero ellos representan solamente una pequeña proporción de la población total, así, fueron omitidos. El GNC, a pesar de no haber sido explícitamente insertado, es considerado como presentando características de emisión similares a las del Gas LP en cuanto a los contaminantes evaluados.

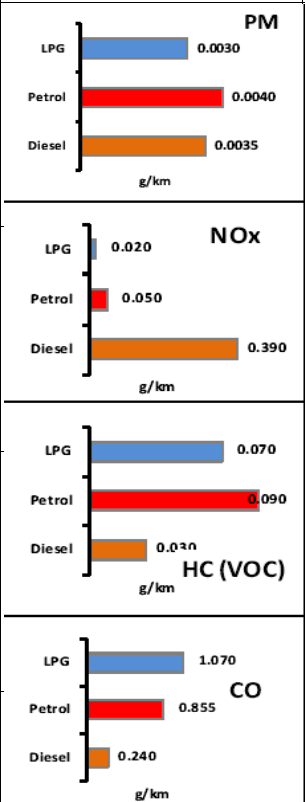
Aplicación:
VEHÍCULOS DE PASAJEROS Y DERIVADOS
 Euro 3 (sin filtro de partículas de diesel)

Vehículos a diesel fabricados en Europa antes de 2005, y aun hoy en varios países, representan con mucho el mayor peligro para la salud entre todos los tipos de combustible. Ese conjunto de gráficos destaca la diferencia en los impactos, sobre la salud, de vehículos movidos a diesel y de aquellos movidos por otros combustibles líquidos y gaseosos (principalmente gasolina y Gas LP). El diesel, por causa de sus altos niveles de emisión intrínsecos de Materia Particulada (PM) dañificada y de óxidos de nitrógeno (NOx), posee impactos sobre la salud mucho más graves que los demás combustibles comercialmente disponibles. Otros contaminantes reglamentados: compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y monóxido de carbono (CO) poseen valores menores para gastos con salud. Ellos son emitidos de manera inherente a bajos niveles a partir del diesel, y, desde mediados de 1980, fueron rigurosamente controlados en varios vehículos con ignición a bujía por medio de la instalación de conversores catalíticos. El Gas LP posee los menores impactos disponibles para gastos con salud entre todos los combustibles comercialmente disponibles.	Emisión de Contaminantes (g/km)	Gastos con Salud (€ por 1.000km)
	 <p>PM</p>	 <p>Diesel</p>
	 <p>NOx</p>	 <p>Petrol</p>
	 <p>HC (VOC)</p>	 <p>LP Gas</p>
	 <p>CO</p>	 <p>Gastos Totales con Salud</p>
<p>NOTA:</p> <p>Para esos motores con tecnología más antigua (que continúan a ser instalados en vehículos nuevos vendidos en varios países), los impactos de los gastos con salud son mucho más elevados para motores a diesel por causa de sus altas tasas de emisión de partículas (PM) y NOx.</p>		

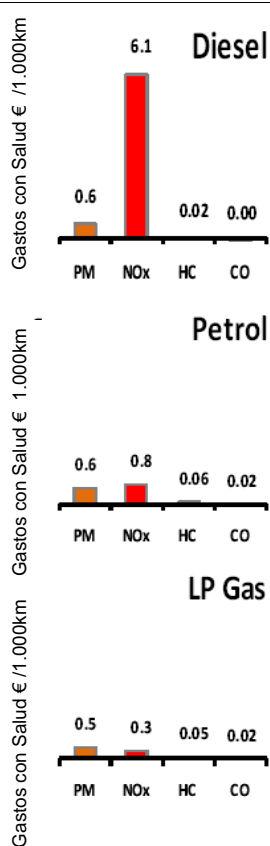
Aplicación:
VEHÍCULOS DE PASAJEROS Y DERIVADOS
 Euro 5 (con filtro de partículas para diesel)

Hasta recientemente había una diferencia muy distinta en los impactos sobre la salud causados por vehículos a diesel y aquellos movidos por otros combustibles líquidos y gaseosos (principalmente gasolina y Gas LP). El diesel, en razón de sus altos niveles de emisión intrínsecos de Materia Particulada (PM) dañificada y de óxidos de nitrógeno (NOx), posee impactos sobre la salud mucho más graves que los demás combustibles comercialmente disponibles. Otros contaminantes reglamentados: compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y monóxido de carbono (CO) poseen valores menores para gastos con salud. Ellos son emitidos de manera inherente a bajos niveles a partir del diesel, y, desde mediados de 1980, fueron rigurosamente controlados en varios vehículos con ignición a bujía por medio de la instalación de convertidores catalíticos. No obstante, desde 2004 en Europa, y más tarde en algunos otros países, una alta proporción de nuevos vehículos a diesel fue equipada con filtros de partículas, lo que disminuye en general las emisiones de PM en más del 90%. A pesar de las significativas reducciones en los riesgos para la salud en el diesel, el Gas LP continúa siendo el combustible más limpio por un amplio margen.

Emisiones de Contaminantes (g/km)



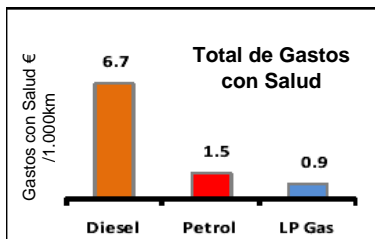
Gastos con Salud (€ por 1000km)



Notas:

Para esa clase de vehículos, los impactos generales sobre la salud son relativamente bajos para todos los combustibles.

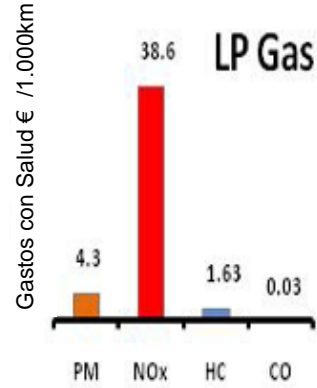
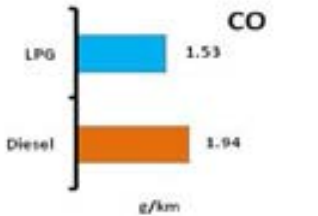
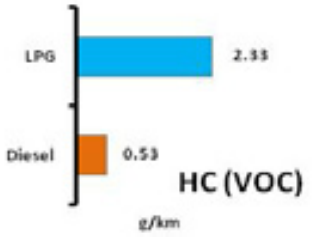
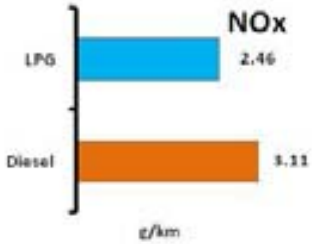
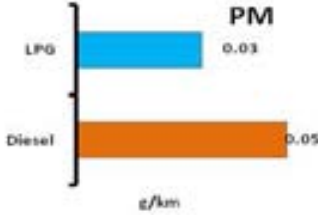
El principal diferencial es la elevada emisión de NOx a partir de aquellos movidos a diesel.



<p style="text-align: center;">Aplicación: CAMIONES Y BUSES PARA TRABAJOS PESADOS Euro 3 (sin filtro de partículas en vehículos diesel)</p>																								
<p>Este conjunto de gráficos destaca la diferencia de los impactos, sobre la salud, de vehículos a diesel y de aquellos movidos a combustibles gaseosos. Vehículos a gas con ignición a bujía están comenzando a ser más ampliamente empleados en aplicaciones de trabajo pesado, principalmente buses urbanos y camiones de entrega, pero aún son una minoría. Vehículos pesados movidos a gasolina son raros, aunque algunos continúen siendo usados en los EUA y en algunos países en desarrollo. El diesel, por causa de sus niveles elevados intrínsecos de Materia Particulada (PM) dañificada y de óxidos de nitrógeno (NOx), posee impactos mucho más graves sobre la salud que otros combustibles disponibles comercialmente. Para esas categorías de vehículos, el Gas LP y el Gas Natural poseen los menores impactos en los gastos con salud.</p>	<p>Emisiones de Contaminantes</p> <p>(g/km)</p> <p style="text-align: right;">PM</p> <table border="1"> <tr><th>Combustible</th><th>Emisión (g/km)</th></tr> <tr><td>LPG</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>Diesel</td><td>0.45</td></tr> </table> <p style="text-align: right;">NOx</p> <table border="1"> <tr><th>Combustible</th><th>Emisión (g/km)</th></tr> <tr><td>LPG</td><td>5.04</td></tr> <tr><td>Diesel</td><td>7.33</td></tr> </table>	Combustible	Emisión (g/km)	LPG	0.05	Diesel	0.45	Combustible	Emisión (g/km)	LPG	5.04	Diesel	7.33	<p>Gastos con Salud (€ por 1.000km)</p> <p style="text-align: right;">Diesel</p> <table border="1"> <tr><th>Contaminante</th><th>Gastos con Salud (€/1.000km)</th></tr> <tr><td>PM</td><td>72.0</td></tr> <tr><td>NOx</td><td>111.6</td></tr> <tr><td>HC</td><td>0.37</td></tr> <tr><td>CO</td><td>0.04</td></tr> </table>	Contaminante	Gastos con Salud (€/1.000km)	PM	72.0	NOx	111.6	HC	0.37	CO	0.04
	Combustible	Emisión (g/km)																						
	LPG	0.05																						
Diesel	0.45																							
Combustible	Emisión (g/km)																							
LPG	5.04																							
Diesel	7.33																							
Contaminante	Gastos con Salud (€/1.000km)																							
PM	72.0																							
NOx	111.6																							
HC	0.37																							
CO	0.04																							
	<p style="text-align: right;">HC (VOC)</p> <table border="1"> <tr><th>Combustible</th><th>Emisión (g/km)</th></tr> <tr><td>LPG</td><td>2.33</td></tr> <tr><td>Diesel</td><td>0.53</td></tr> </table> <p style="text-align: right;">CO</p> <table border="1"> <tr><th>Combustible</th><th>Emisión (g/km)</th></tr> <tr><td>LPG</td><td>1.53</td></tr> <tr><td>Diesel</td><td>1.94</td></tr> </table>	Combustible	Emisión (g/km)	LPG	2.33	Diesel	0.53	Combustible	Emisión (g/km)	LPG	1.53	Diesel	1.94	<p>Gastos con Salud € /1.000km</p> <p style="text-align: right;">LP Gas</p> <table border="1"> <tr><th>Contaminante</th><th>Gastos con Salud (€/1.000km)</th></tr> <tr><td>PM</td><td>8.6</td></tr> <tr><td>NOx</td><td>88.2</td></tr> <tr><td>HC</td><td>1.63</td></tr> <tr><td>CO</td><td>0.03</td></tr> </table>	Contaminante	Gastos con Salud (€/1.000km)	PM	8.6	NOx	88.2	HC	1.63	CO	0.03
Combustible	Emisión (g/km)																							
LPG	2.33																							
Diesel	0.53																							
Combustible	Emisión (g/km)																							
LPG	1.53																							
Diesel	1.94																							
Contaminante	Gastos con Salud (€/1.000km)																							
PM	8.6																							
NOx	88.2																							
HC	1.63																							
CO	0.03																							
<p>NOTA: Para esa clase de vehículos, los impactos generales sobre la salud son significativamente más elevados para vehículos a diesel por causa de los altos niveles de PM y NOx.</p>	<p>Gastos Totales con Salud</p> <table border="1"> <tr><th>Combustible</th><th>Gastos Totales con Salud (€/1.000km)</th></tr> <tr><td>Diesel</td><td>184.0</td></tr> <tr><td>LP Gas</td><td>98.5</td></tr> </table>		Combustible	Gastos Totales con Salud (€/1.000km)	Diesel	184.0	LP Gas	98.5																
Combustible	Gastos Totales con Salud (€/1.000km)																							
Diesel	184.0																							
LP Gas	98.5																							

Aplicación
CAMIONES Y BUSES PARA TRABAJOS PESADOS
Euro 4/5 (con filtro de partículas en vehículos diesel)

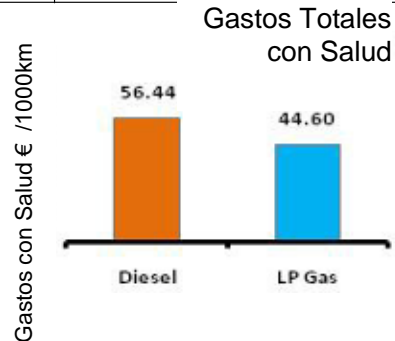
El diesel, por causa de sus niveles elevados intrínsecos de Materia Particulada (PM) damnificada y de óxidos de nitrógeno (NOx), posee impactos mucho más graves sobre la salud que otros combustibles disponibles comercialmente. No obstante, desde 2004 en Europa, y más tarde en algunos otros países, una alta proporción de nuevos vehículos a diesel fue equipada con filtros de partículas, lo que reduce en general las emisiones de PM en hasta más de 90%, y en algunos casos en hasta 99%. Otros contaminantes regulados: compuestos orgánicos volátiles (VOCs) y monóxido de carbono (CO) poseen valores menores para los gastos con salud. Vehículos movidos a gas con ignición a bujía están comenzando a ser más ampliamente usados en aplicaciones de trabajo pesado, principalmente buses urbanos y camiones de entrega, pero aun son una minoría. Vehículos pesados movidos a gasolina son raros, aunque algunos continúen a ser empleados en los EUA y en algunos países en desarrollo. Para ese grupo de vehículos, las nuevas tecnologías para diesel disminuyen enormemente las diferencias en los gastos con impactos sobre la salud específicas para cada combustible.



NOTA:

El gráfico ao lado destaca los beneficios más significativos para a salud a partir de nuevas tecnologías para motores a diesel modernos. Los impactos de costos para la salud de todos los combustibles poseen ahora niveles similares.

Es importante notar que el impacto del ruido no fue monetarizado.



5.2 Cocción (11)

Los dispositivos usados por la mayoría de las personas en el mundo desarrollado son operados por un simple botón. La electricidad o el suministro de gas en red proporciona energía limpia e instantánea para la preparación de sus alimentos. Para centenas de millones de personas de la población mundial, el lujo de la elección no existe - todo es dictado simplemente por la necesidad de sobrevivir de un día hasta el día siguiente.

La Organización Mundial de la Salud estima que más de la mitad de la población mundial recorre a estiércol, leña, residuos de culturas o carbón para atender a sus necesidades más básicas de energía. La energía de esos combustibles es considerada como representando cerca de un décimo de toda la demanda por energía actual - más que las energías hidroeléctrica y nuclear juntas. Cocinar y calentar con esos combustibles en espacios confinados, frecuentemente sin cualquier chimenea, resulta en la exposición a niveles extremadamente elevados de contaminantes tóxicos. A veces, las concentraciones de los contaminantes pueden llegar a niveles 100 veces más elevados que los límites máximos de exposición recomendados (OMS, 2005-3).



Una consecuencia de esa exposición continuada, la polución del aire en ambientes cerrados es estimada como responsable de las muertes de más de 1,6 millón de personas cada año.

Como ya vimos en otras situaciones, el contaminante más peligroso es la materia Particulada (PM) fina. Una gran proporción de esas partículas tiene menos de 1 micrón (1/1000 mm) de diámetro, y algunas son hasta 100 veces menores. Por causa de su tamaño pequeño, las partículas pueden ser inhaladas hasta las partes más profundas y sensibles del pulmón. Las menores pueden pasar a través del tejido de los pulmones y llegar directamente a la corriente sanguínea, donde también pueden ocasionar enfermedades cardíacas y posiblemente daños cerebrales.

Enfermedades respiratorias y cánceres resultantes de la exposición a la PM son extremadamente comunes, y son los más jóvenes y más viejos los que sufren más.

El gráfico abajo (Figura 5.3) es un indicador de la incidencia extremadamente elevada de problemas respiratorios en mujeres, niños muy nuevos y en los más ancianos, que frecuentemente pasan la mayor parte de su tiempo dentro de casa y en algunas áreas remotas de naciones desarrolladas. La fuente de polución que causa la mayoría de esas enfermedades es el humo generado por hogueras usadas para cocinar o para otras actividades domésticas.

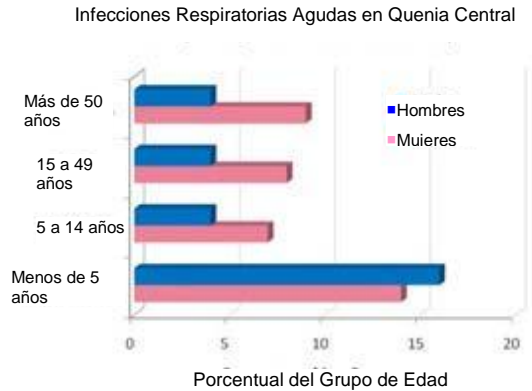


Figura 5.3: Infecciones Respiratorias por Género y Grupo de Edad - Kenia Central (Ezzati, 2000)

Algunos estudios fueron hechos para medir las concentraciones de Materia Particulada cerca de áreas donde son preparados alimentos en ambientes cerrados utilizando fuentes variadas de combustible. Universalmente, cuando el combustible usado es leña, estiércol, residuos de culturas u otro tipo de biomasa, la concentración de PM es varias veces aquella recomendada por la OMS como límite para exposición para humanos.

Por ejemplo, un amplio programa de investigación de 2000 (Ezzati M 2000), en Kenia, midió los niveles de PM en ambientes cerrados durante 14 horas por día y a lo largo de 137 días, en 38 domicilios. La media del nivel de exposición a la PM fue medida en cerca de 3.500 µg por metro cúbico durante los períodos activos de aprendizaje, subiendo a 4.500 µg por metro cúbico cuando las hogueras pasan a quemar lentamente. Esos números alarmantes están en total contraste con el límite medio de exposición recomendado por la Organización Mundial de la Salud de 20 µg por metro cúbico. Los miembros de la casa son por tanto continuamente expuestos a concentraciones de partículas 200 veces más elevadas que aquellas recomendadas en el límite de exposición.

Un estudio de 2005 (Smith KR 2005) comparó los valores relativos de polución generados por la preparación de una única comida con la utilización de una variedad de seis combustibles normalmente disponibles en hogares en países en desarrollo, y más el biogás. Ese estudio también incluyó el Gas LP, que fue usado como referencia contra la cual las emisiones de todos los otros combustibles fueron comparadas en bases racionométricas. (Vea la Figura 5.4)

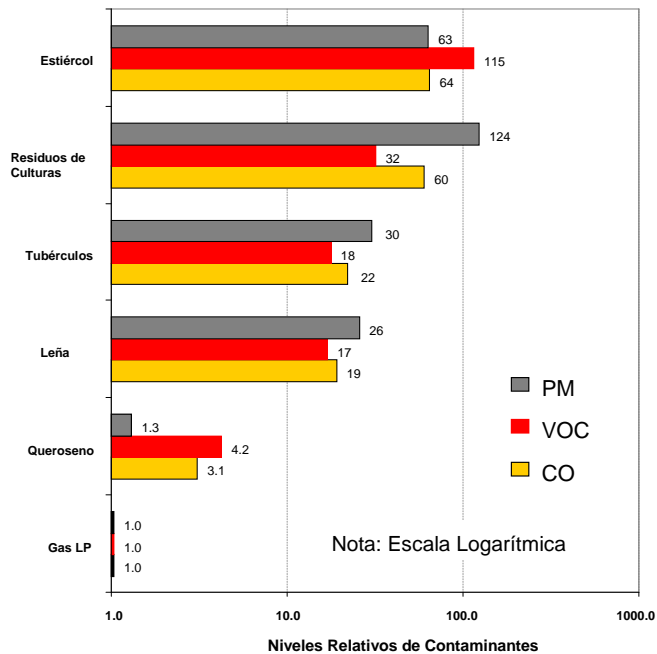


Figura 5.4: Contaminantes Emitidos por Comida en Relación al Gas LP

La OMS produjo evaluación de una variedad de factores de riesgo y su contribución a enfermedades. La polución del aire en ambientes cerrados fue identificada como el octavo factor de riesgo más importante y considerada como responsable de 2,7% del gasto global total con enfermedades. Ese descubrimiento posiciona la polución del aire en ambientes cerrados superior a la polución del aire en ambientes abiertos en un factor de nueve, medido por medio de la combinación de la estimativa de pérdida de años de vida por causa de la incapacidad y muerte prematura. En países en desarrollo con altas tasas de mortalidad, la posición llega a una estimativa de 3,7% del impacto total para enfermedades, haciendo de la misma la mayor causa de muerte prematura después de la desnutrición, del sexo sin protección y de la falta de redes de agua y alcantarillado.

Para muchas personas, especialmente en áreas rurales, las elecciones de combustibles para la cocina son combustible sólido o Gas LP. Como vimos en los dos títulos anteriores, el combustible sólido no es ambientalmente seguro, ni una opción saludable, y su uso debe ser disuadido. En algunos países, y Alemania es un ejemplo, las emisiones generadas por dispositivos a base de combustibles sólidos domésticos son monitoreadas y pueden ser aplicadas sanciones si queda comprobado que las emisiones son excesivamente elevadas.

Pero para cerca de la mitad de la población mundial, las penalidades son mucho mayores que una simple multa. En varios países más pobres, la preparación de alimentos en fuego abierto, usando leña, carbón vegetal, residuos de culturas o incluso estiércol de animales, es la única opción disponible. La exposición a niveles extremadamente elevados de contaminantes emitidos por esas hogueras, particularmente en un espacio confinado, es reportada de manera confiable por la Organización Mundial de la Salud y por otros investigadores independientes como la causa de las muertes prematuras de más de 1,5 millón de personas cada año. Mujeres y niños son los más afectados.

Proporcionar para esas familias el acceso a simples quemadores de Gas LP para sustituir las hogueras con leña puede reducir de manera dramática la exposición a esos contaminantes peligrosos, y a sus trágicas consecuencias. Hay otros beneficios sociales. Es muchas veces el papel de los miembros del sexo femenino de esas familias reunir leña necesaria para la preparación de alimentos cada día. Ese deber, que puede envolver varias horas de trabajo duro por día, puede ser sustituido por tareas más significativas.

5.3 Calefacción de Espacios y Agua en las Residencias

5.3.1 Calidad del Aire en Ambientes Cerrados

La polución del aire es generalmente asociada al aire en ambientes abiertos, pero, bajo varias circunstancias, niveles elevados de polución pueden existir en ambientes cerrados. Además de eso, como la mayoría de las personas pasa gran parte del tiempo (en general 90 por ciento) dentro de casa, de la escuela, del trabajo y no apenas en ambientes abiertos, el período de exposición es normalmente mucho mayor, aumentando el riesgo de resultados adversos para la salud.

Si la ventilación de los ambientes es precaria, o si los dispositivos de calefacción y chimeneas asociadas a los mismos presentan fallas, la concentración de algunos contaminantes puede ser acumulada hasta niveles que pueden ser peligrosos para la salud humana. Pero debe ser observado que los calentadores no son la única causa de concentraciones de contaminantes en ambientes cerrados - otras fuentes pueden incluir sustancias químicas en pinturas, adhesivos y materiales de utensilios domésticos.



Los síntomas pueden variar desde los más blandos, como dolores de cabeza, cansancio o letargo, hasta los más graves, como empeoramiento del asma o respuestas alérgicas. Todos los dispositivos de calefacción de ambientes cerrados a combustión, independientemente del combustible usado, precisan del suministro apropiado de aire para asegurar una combustión adecuada y para evitar cualquier acumulación de humo dentro del ambiente. Aunque calentadores a gas sin chimeneas emitan niveles extremadamente bajos de sustancias indeseables, en comparación con la leña y con otros combustibles sólidos, ellos también precisan tener una ventilación conveniente con aire fresco para garantizar una operación correcta.

Las emisiones más significativas asociadas a calentadores a gas sin chimeneas son el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el monóxido de carbono (CO).

Ambos contaminantes son inodoros y así difíciles de ser percibidos, pero el CO es una preocupación en particular, ya que permanecer expuesto a niveles elevados puede presentar consecuencias graves a una persona. Para evitar los riesgos asociados a la exposición a niveles excesivos de CO, la mayoría de los calentadores a Gas LP es equipada con un sensor de consumo de oxígeno que desconecta automáticamente el calentador si hubiere ventilación insuficiente para mantener una combustión completa.

En buenas condiciones y usados de manera apropiada, los calentadores a gas sin chimenea solamente liberan pequeñas cantidades de esos contaminantes, que no son considerados capaces de afectar la salud humana. Pero los niveles pueden acumularse con una ventilación insuficiente o si el calentador está con defecto, o si fue instalado de manera no apropiada.

En contraste, los calentadores a combustibles sólidos producen niveles muy altos de partículas respirables que, como vimos en las secciones anteriores, pueden causar enfermedades, o, en casos extremos, muerte. Aunque calentadores de combustibles sólidos en países desarrollados posean invariablemente una chimenea o ducto para conducir los productos de la combustión hacia fuera, fugas por ductos rajados o con defectos, o la ocurrencia de reversión en el tiro de la chimenea pueden llevar a niveles persistentemente elevados de partículas dentro de la construcción.

Hogueras abiertas, en particular, también exigen una buena ventilación para mantener una combustión eficiente y para generar flujos suficientemente elevados en las chimeneas para extraer de manera efectiva el humo y otros productos de la combustión. Tanto como producen niveles altos de monóxido de carbono (CO) y de Materia Particulada (PM), hogueras con combustible sólido y carbón también generan una variedad de óxidos de azufre ácidos (SOx).

Calentadores a queroseno lanzan niveles mucho menores de emisiones de partículas que combustibles sólidos, pero las mismas precauciones al respecto de la ventilación adecuada deben ser observadas para evitar niveles excesivos de CO. Calentadores a queroseno sin ventilación también pueden generar aerosoles ácidos (US EPA 1993).

El gran número de variables que influyen en los niveles de polución del aire en ambientes cerrados para cualquier combustible (tasa de ventilación, diseño del quemador, calor producido, eficiencia de los ductos, etc.) y la disparidad entre los métodos de pruebas tornan difícil reunir datos confiables para comparación de los niveles de exposición a contaminantes asociados a una variedad de combustibles disponibles.

Pero es posible inferir impactos en potencial por medio de la comparación de las emisiones totales de contaminantes a partir de la quema de combustibles diferentes. Los datos de la Agencia Ambiental Europea (European Environmental Agency - EEA, 2007) permiten que tal comparación sea hecha. Como esas informaciones presentan un impacto principalmente sobre la calidad del aire en ambientes abiertos, los datos tabulados sobre emisiones están localizados en la Sección

5.3.2 - Calidad del Aire en Ambientes Abiertos.

Algunos estudios fueron hechos para explorar posibles efectos sobre la salud asociados con calentadores a gas sin ductos. La mayoría es basada en dispositivos a gas natural pero, considerando que la diferencia entre las emisiones de esos combustibles es generalmente muy pequeña, los resultados de los estudios también pueden ser aplicados en relación al Gas LP con un alto grado de confiabilidad. Aunque los resultados de algunas investigaciones muestren un pequeño efecto, otros no lo hacen, y las metas-análisis no revelan ningún daño general (Basu y Samet 1999).

En Japón, Shima y Adachi (2000) estudiaron 842 niños con edades entre 9 y 10 años, de 9 escuelas de enseñanza fundamental y no encontraron cualquier asociación estadísticamente significativa entre el predominio de síntomas respiratorios (medidos a lo largo de tres años consecutivos) y la presencia de dispositivos a gas sin ductos en casa.

Es por tanto razonable concluir que, dada la disponibilidad general de calentadores que incorporan controles de seguridad automáticos, hay poco riesgo de impactos negativos sobre la salud con la utilización de calentadores a Gas LP, y que el uso de esos dispositivos ciertamente minimiza la exposición a otros contaminantes particulados peligrosos, incluyendo el dióxido de azufre (SO₂) y las Materias Particuladas (PM).

Aunque esos descubrimientos confirmen las características de baja polución de los calentadores a Gas LP para uso doméstico, es válido reafirmar que, así como todos los calentadores a combustión para uso en ambientes cerrados, independientemente del tipo de combustible, ellos deben recibir ventilación adecuada para una operación apropiada.

5.3.2 Calidad del Aire en Ambientes Abiertos

En varios locales, calentadores a base de combustibles sólidos producen polución suficiente para afectar a las personas dentro de la comunidad. Los impactos son intensificados cuando inversiones de temperatura, que ocurren comúnmente en las noches frías y sin viento, obstruyen los gases de los ductos en capas próximas al suelo, provocando elevadas concentraciones de partículas y de otros productos nocivos de la combustión. La amenidad visual también puede ser degradada de manera significativa por una niebla humeante creada por esos calentadores.

Una investigación de Australia (Ayers et al 1999) muestra claramente que las ciudades donde calentadores a base de quema de leña son mayoría poseen niveles de partículas ambiente mucho más elevados que otras regiones. Por ejemplo, las cuatro mayores ciudades, Sydney, Brisbane, Melbourne y Adelaide, produjeron una media de concentraciones PM₁₀ variando de 20 a 25µg /m³, mientras Camberra y Launceston (donde los calentadores a base de leña son populares) produjeron medias de 2 a 3 veces más elevadas a 43 y 65µg/m³ (vea abajo la Figura 5.5).

**Influencia de Calentadores con Fuego a Leña en la PM del Ambiente
Niveles en las Ciudades de Australia**

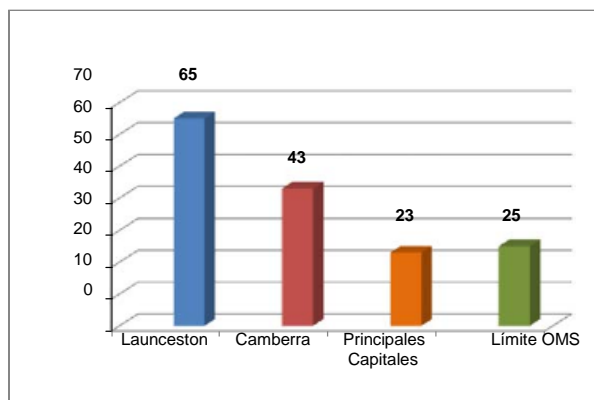


Figura 5.5: Influencia de los Calentadores a base de Leña en los Niveles de PM Ambiente en las Ciudades Australianas

Ambas ciudades donde la quema de leña es común poseen baja densidad de habitaciones, relativamente menos fuentes industriales y de transporte, luego, sin la influencia de calentadores a leña, se podía esperar que los niveles de partículas fuesen efectivamente menores que en ciudades mayores. El hecho de los niveles de PM ser significativamente más elevados endosa el impacto de la quema de leña para la calidad del aire local, incluso en ciudades desarrolladas y modernas.

La Tabla 5.6, abajo, usa datos provenientes de la Agencia Ambiental Europea, publicados en un informe suizo de 2009 por la Atlantic Consulting (Atlantic, 2009) para resumir las tasas de emisión en gramos por gigajoules (g/GJ) de energía para calentadores a combustión y calderas de agua operando con combustibles gaseosos y líquidos, leña y carbón / briquetas. Esta tabla destaca los beneficios muy significativos del empleo de combustibles gaseosos para calefacción residencial de ambientes y agua.

Emisiones, g/GJ					
Combustible	NO ₂	VOC	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO
Calentador Residencial por Combustión					
Gaseoso	57.0	10.5	0.5	0.5	31.0
Líquido	68.0	15.5	3.7	3.7	46.0
Madera	74.5	925	695	694	5,300
Carbón	109	484	404	397	4,602
Caldera Doméstica <50 kW					
Gaseoso	70.0	10.0	0.5	0.5	30.0
Líquido	70.0	15.0	3.0	3.0	40.0
Madera	120.0	400	475	475	4,000
Carbón	130.0	300	38	360	4,000
Briquetas	200.0	200	100	100	3,000

Tabla 5.6: Emisiones a partir de Dispositivos Residenciales de Combustión para Cinco tipos de Combustibles (Atlantic, 2009)

Además de eso, a partir de una perspectiva práctica, el cambio para un calentador a base de Gas LP no es solamente benéfico para el medio ambiente y para salud de la comunidad, sino también es mucho más conveniente, más controlable, y evita la acumulación de polvo y suciedad en el alojamiento interno y en las áreas que cercan las chimeneas o ductos.

5.4 Generación de Energía Eléctrica (12)

Tanto como produce fuerza motriz para vehículos motorizados, los motores de combustión interna son usados en diversas otras aplicaciones. La diversidad de esas aplicaciones torna impracticable la cobertura de todas ellas separadamente en este trabajo. Además de eso, varias de las aplicaciones estacionarias utilizan solamente una variedad muy limitada de tipos de combustibles. Por ejemplo, prácticamente todas las plantas y equipos de trabajo pesado para construcción, excavación, minería y equivalentes usan el diesel como combustible. Consecuentemente hay una falta total de datos comparando niveles de emisión y exposición para diferentes tipos de combustibles para esos aplicativos.

5.4.1 Unidades Generadoras de Capacidad Media

Varias comunidades rurales y aisladas tanto en regiones desarrolladas como en las menos ricas y en desarrollo no tienen acceso a la malla eléctrica centralizada como fuente de electricidad para iluminación, comunicación y entretenimiento.



Por necesidad la fuerza eléctrica debe ser producida localmente, generalmente por medio de un generador de electricidad movido a diesel. A menos que el motor del generador sea muy moderno y equipado con las más recientes tecnologías para reducción de emisiones, las personas que viven en la vecindad de la planta de generación pueden ser expuestas a ruidos y altos niveles de partículas ultrafinas en el escape del diesel.

Esas partículas de hollín, y productos químicos altamente tóxicos adheridos al hollín, están ligadas a la incidencia de cánceres, son perjudiciales para los pulmones y también pueden afectar los sistemas cardíaco y neurológico de los seres humanos. En comparación con dispositivos a diesel tradicionales (no equipados con filtro de partículas), un generador movido a Gas LP tendrá de modo general niveles de emisión de partículas de 90 a 98% inferiores, así como una enorme reducción en el potencial para exposición a otras sustancias tóxicas.

En áreas más desarrolladas, esa clase de generadores es generalmente usada como fuente de energía eléctrica de reserva en el caso de falla de la red eléctrica, o fuente de energía eléctrica continua en locales donde la red eléctrica no está disponible de inmediato, como en locales de obra en que hay necesidad de motorización de equipos móviles de potencia relativamente alta.



El ejemplo usado para ilustrar las emisiones relativas y los impactos de gastos con esa categoría de planta es una unidad de generación para 12 horas continuas cada día con una carga de 80 kW, alimentada por un motor de 6,8 litros. Los tipos de combustibles comparados son el diesel, el gas natural y el Gas LP.

La Tabla 5.7 resume las tasas de emisión de cada contaminante regulado en gramos por kilowatt-hora, conjuntamente con un valor para los gastos con salud (expresado en euros por tonelada de contaminante emitido) para cada contaminante. Los valores de los gastos con salud usados en la tabla son representativos para los valores de nivel intermedio para vehículos de carretera que operan en una región desarrollada típica. Nota: *En este ejemplo, las emisiones de PM del diesel son bastante menores en relación a los combustibles gaseosos, probablemente reflejando la naturaleza constante de la carga y velocidad de la operación del generador, que evita picos muy altos de PM típicamente observados durante las fases de aceleración en vehículos de carretera a diesel. De manera inversa, los niveles de NOx son bastante elevados, lo que es consistente con la combustión continua a una temperatura alta, con una carga elevada.*

Tipo de Combustible	Tasas de Emisiones de Contaminantes (g/kWh)			
	HC	NOx	CO	PM
Gas LP	0.14	0.11	4.61	0.03
Gas Natural	0.09	0.62	3.49	0.03
Diesel	0.40	6.43	1.21	0.28
Costos de los Impactos sobre la Salud (€ /kg)	0.7	15.7	0.02	120

Tabla 5.7: Tasas de Emisión de Contaminantes para Generadores Típicos de 80kW a Diesel, Gas Natural y Gas LP

El gráfico abajo (Figura 5.8) representa los datos en la Tabla 5.7 como un gráfico de los niveles relativos de emisiones (en gramos por quilowatt-hora) para cada tipo de contaminante y combustible, durante una operación con carga constante de 80 kW. Los datos sobre emisiones fueron obtenidos a partir del banco de datos de certificación para motores estacionarios de la US EPA www.epa.gov/OMS/certdata.htm#largeng

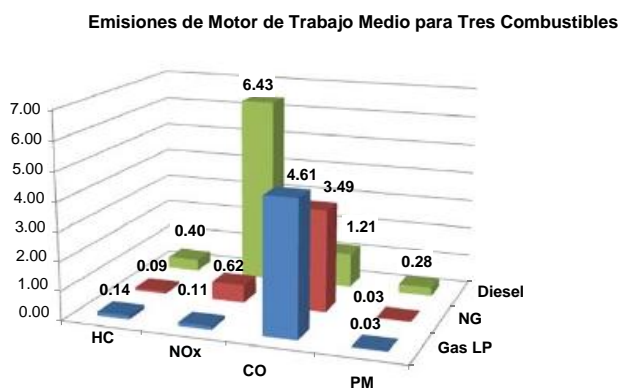


Figura 5.8: Tasas de Emisión de Contaminantes para Generadores Típicos de 80kW a Diesel, Gas Natural y Gas LP

La aplicación de los valores para los gastos con salud en la Tabla 5.7, factorizados por el ciclo de trabajo anual, en la Figura 5.9 abajo, ilustra los gastos relativos con salud para cada combinación de tipo de contaminante / combustible, conjuntamente con el gasto total neto con salud para cada combustible.

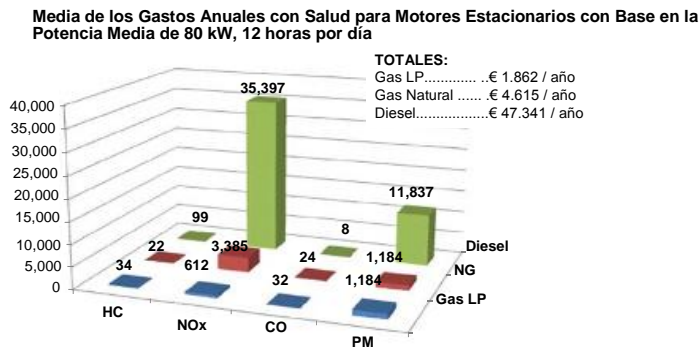


Figura 5.9: Gastos Anuales del Impacto, para la Salud, de Generadores Típicos de 80kW a Diesel, Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo.

Los números de los gastos con el impacto sobre la salud indican claramente el valor del uso de combustible gaseoso, en especial el Gas LP, siempre que esa opción esté disponible.

5.4.2 Unidades Generadoras de Pequeño Porte



Los generadores de esa categoría tienden a ser contruidos principalmente para producción de energía intermitente y no solamente continua, y son utilizados fundamentalmente en actividades relacionadas a la recreación o comercio. En áreas donde el abastecimiento por la red eléctrica puede no ser confiable, ellos también son frecuentemente usados como apoyo para energía eléctrica en casa, posibilitando que la iluminación, refrigeración y otros servicios de baja potencia sean mantenidos. La potencia de salida de los mismos varía normalmente de cerca de 15 kW, para los modelos mayores, hasta 1,0 kW para los ejemplares menores.

Las opciones de combustibles para esas aplicaciones son generalmente gasolina, Gas LP o diesel. Hay disponibilidad tanto de motores de dos tiempos como de cuatro tiempos, especialmente para las versiones movidas a gasolina. En varios países las emisiones provenientes de equipos accionados por motores pequeños no son reglamentadas. Eso puede resultar en niveles muy elevados de CO, HC y PM lanzados por algunos motores, especialmente si hubieren sido fabricados en uno de los países que actualmente no posean normas sobre emisiones domésticas para ese tipo de equipo.



Con datos obtenidos de un informe de la US EPA resumiendo las emisiones de motores estacionarios (US EPA 1991), la Tabla 5.10 (abajo) compara las emisiones de CO, HC, NOx y PM de generadores más antiguos usando niveles de tecnología de 1990, cuando no era obligatorio que ese tipo de equipo cumpliera cualquier reglamentación sobre las mismas. En la ausencia de datos de prueba confiables a partir de esa era en comparación con modelos semejantes de motores a gasolina y a Gas LP, los números de las emisiones para Gas LP fueron calculados por la multiplicación de la emisión a gasolina por un factor de emisión de la gasolina por la relación de las emisiones de Gas LP/gasolina en la Figura 5.7, para cada contaminante.

Emisiones (g/kW-h)					
		HC	CO	NOx	PM
2- tiempos	Gasolina	279	651	0.39	10.32
4- tiempos	Gasolina	12.73	473	2.72	0.07
4- tiempos	Diesel	1.74	6.70	8.04	1.34
4- tiempos	Gas LP	10.59	473	1.03	0.05

Tabla 5.10: Tasas de Emisiones de Contaminantes por Generadores Pequeños no Regulados a Diesel, Gasolina y Gas LP

Varios países desarrollados introducen ahora progresivamente reglamentos más rigurosos para motores estacionarios. Eso puede ser ilustrado por el siguiente gráfico (Figura 5.11), que es basado directamente en el análisis de todos los datos relevantes de pruebas contenidos en el banco de datos de certificación de motores pequeños de la US EPA de 2008

<http://www.epa.gov/OMS/certdata.htm#smallsi>

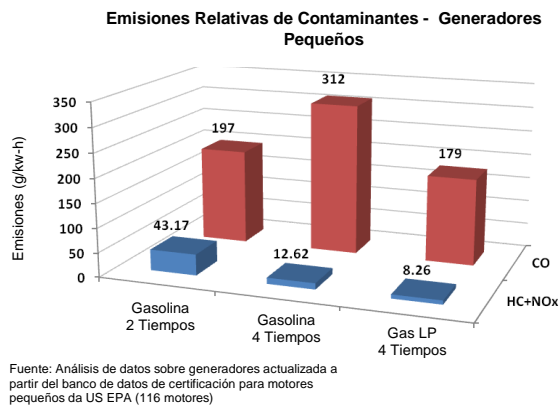


Figura 5.11: Emisión de Contaminantes de Generadores Pequeños Operando con Gasolina y Gas LP

Utilizando los mismos valores de impactos de contaminantes sobre gastos con salud que fueron usados en las secciones anteriores de este trabajo, el gráfico abajo (Figura 5.12) traduce las tasas de emisiones en gastos monetarios relacionados con la salud, enfatizando aun más las implicaciones adversas para ese tipo de equipo.

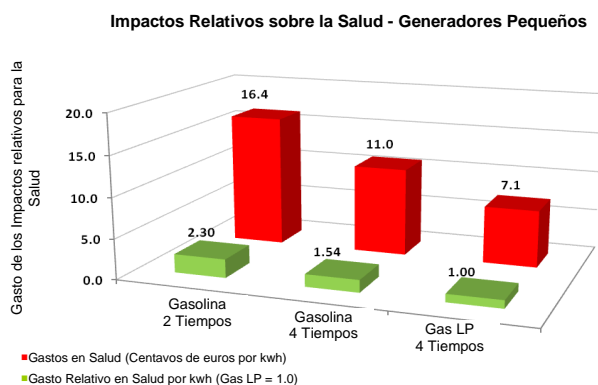


Figura 5.12: Impactos, sobre la Salud, de las Emisiones de Generadores Pequeños Operando con Gasolina y Gas LP

5.5 Otras Aplicaciones del Gas LP (13)

En cada vecindad centenas, si no miles, de dispositivos motorizados son adquiridos y utilizados por residentes, incluyendo cortadores de césped, máquinas para poda, lavadoras con chorro de presión, motosierras, etc. Junto, el uso de ese equipo en un día típico de trabajo, o en los fines de semana, totaliza una carga de energía considerable, con los contaminantes distribuidos por la comunidad.

Usando la misma metodología empleada en la sección anterior para pequeños generadores, nuevamente la base de datos de la US EPA fue analizada en un frente más amplio para incluir todos los motores pequeños de ignición a bujía actualmente certificados que operan a gasolina o a Gas LP (motores bicomcombustible y multicombustible fueron excluidos de ese análisis).

Los dos gráficos abajo (Figuras 5.13 y 5.14) constatan la misma historia de sus contrapartidas en la sección anterior, pero en este caso tienen como base el análisis de los datos de pruebas para un total de casi 2.700 motores en el banco de datos.

(13) En Brasil la Ley nº 8176 de 08/02/1991 prohíbe el uso de Gas LP en calefacción de piscinas, saunas, calderas, motores de cualquier especie y fines automotores excepto para montacargas.

TRADUCIR ESE GRÁFICO

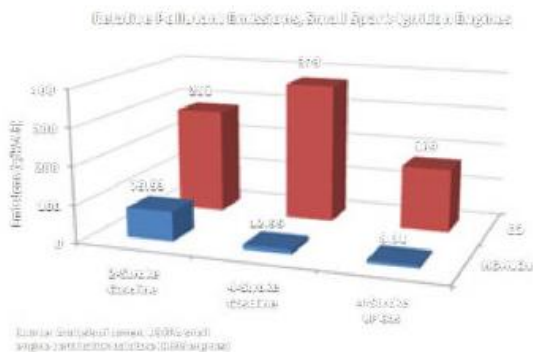


Figura 5.13: Emisiones de Contaminantes de Pequeños Generadores Operando con Gasolina y Gas LP

En ese análisis vemos tendencias similares a aquellas para pequeños generadores, a pesar de, sorprendentemente, las emisiones de monóxido de carbono a partir de los motores menores de dos tiempos (en gramos por quilowatt-hora) ser efectivamente menores que para el grupo de cuatro tiempos, no obstante que esos últimos sean de manera general reconocidos como poseyendo una combustión mucho más eficiente que la de los de dos tiempos.

La Figura 5.14 suministra una perspectiva de las emisiones relativas de modelos actuales de dos y cuatro tiempos de motores pequeños a gasolina en comparación con los equivalentes de esas unidades, movidos a Gas LP.

El análisis de gastos con salud sigue el mismo formato, a pesar de, a partir de los datos sobre gastos, poder inferir que, de manera general, el mayor espectro de equipo en el banco de datos completo tiende a poseer niveles de emisión más elevados que la categoría de generadores discutida en la sección anterior. Los valores de los impactos sobre la salud (en € / tonelada) son los mismos que los para vehículos motorizados y aplicaciones medias / pesadas fuera de carretera de motores examinados en las secciones anteriores.

COMPLETAR LA TRADUCCIÓN DE ESE GRÁFICO

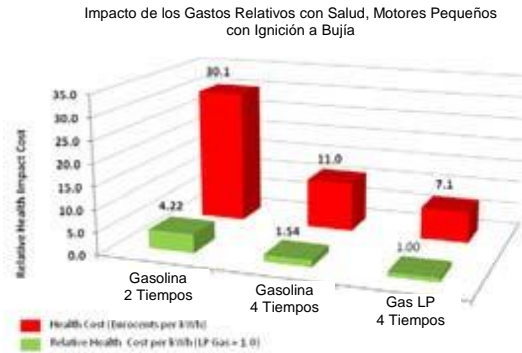


Figura 5.14: Impactos de los Gastos con Salud de Emisiones a partir de Motores Pequeños que Operan con Gasolina y Gas LP

Disecación térmica (también comúnmente designada como “chapea con el uso de llama”) calienta rápidamente los tejidos de las plantas para romper las células, pero no de manera tan extensa que pueda quemarlas. Es empleada ampliamente en Europa Occidental y en los EUA para interrumpir el desarrollo de culturas de raíces que emergen lentamente, como zanahorias y patatas, así como para exterminar el crecimiento de plagas en torno de los tallos de algunas culturas arriba del suelo, como la de maíz.

El Gas LP probó ser un combustible ideal para esa aplicación y es ahora casi universalmente utilizado, habiendo suplantado tecnologías anteriores con quema a base de queroseno y aceites. Como no introduce cualquier producto químico en el suelo, la disecación térmica a base de Gas LP evita completamente cualquier peligro de contaminación del suelo, y es ampliamente usada para el cultivo de culturas orgánicas.

Así, podemos ver que existen varias aplicaciones altamente variadas para el Gas LP como fuente de energía térmica para la industria, residencias y para recreación: desde el corte de metales hasta la preparación de bifés asados y volar por los cielos en un globo de aire caliente. En todos esos casos, el Gas LP proporciona una fuente de energía conveniente, segura, controlable y poco contaminante, con impactos adversos mínimos para la salud pública.



6 Conclusiones

La vida en este planeta depende de la energía para su propia existencia. Precisamos de energía controlable para alimentar y cuidar de nuestras familias, obtener calor y luz, y transportar productos y personas hasta sus destinos. La industria y los negocios necesitan de energía para generar los productos y servicios que procuramos.

Pero puede haber un lado desventajoso. Cada año, un número incontable de personas en la tierra tiene sus vidas reducidas, o sufren de enfermedades graves por causa de la exposición a contaminantes de la combustión. Las consecuencias económicas y sociales son gigantescas, pero pueden ser minimizadas por el uso de combustibles más limpios.

Hacer elecciones por un "combustible limpio" puede ayudar a mejorar directamente el bienestar de comunidades enteras. Mejorías en la salud pública derivadas del uso de combustibles más limpios no solamente reducen el costo de la prestación de cuidados de salud y servicios sociales, sino también contribuyen a una economía más amplia al ayudar a evitar los impactos de una disminución en la productividad.

Combustibles sólidos, variando desde el carbón hasta la leña, residuos de culturas e incluso estiércol, cuando usados para la preparación de alimentos y calefacción, exponen a las familias a niveles de polución peligrosos - frecuentemente de 20 o incluso 100 veces más elevados que los límites máximos recomendados.

El uso de leña como combustible para quema representa no solamente un consumo altamente visible de nuestros recursos forestales, sino también posee un impacto muy elevado sobre el medio ambiente y consecuentemente sobre nuestra salud.

Infelizmente las comunidades más afectadas por el uso de esos combustibles son frecuentemente las más pobres, así, la confianza debe ser depositada en los gobiernos y agencias de ayuda para que apliquen un mayor énfasis y recursos en programas para el alivio del sufrimiento intenso resultante de la utilización de esas fuentes de energía peligrosas.

Incluso los combustibles líquidos comunes y convenientes, como diesel y gasolina, continúan creando niveles graves de polución en los países más desarrollados, a pesar de la reglamentación más apretada sobre aplicativos y vehículos que usan esos combustibles.

Para ilustrar eso, la Tabla abajo resume y compara las características de emisiones de efecto invernadero de los principales combustibles usados para transporte terrestre, teniendo la gasolina como referencia (Anyon, 2002).

	Gasolina	Diesel	GNC	GAS LP
Contaminantes Gaseosos	O	O	V	V
Particulados	O	X	V	V
Emisiones GHG	O	V	V	V
Tóxicos del Aire	O	X	V	V

(Leyenda: V = mejor, O = neutro, X = peor = Incierto)

De modo general, las tasas de Gas LP, de manera muy clara, no ofrecen, o ofrecen muy poco margen para cualesquiera otras en la tabla, a lo largo de todas las características consideradas como siendo de mayor importancia en un combustible para uso general. Con sus características de quema intrínsecamente limpia, el Gas LP proporciona un camino práctico hacia la limpieza del aire que respiramos.

Así como presenta un desempeño superior en relación a la mayoría de los combustibles tradicionales, el Gas LP es una alternativa prontamente disponible, conveniente y frecuentemente con costo menor en relación a otras fuentes de energía.

ANEXOS

TÉCNICOS

7 Anexo A1 - Contaminantes y sus Efectos para la Salud

Esta sección examina las conexiones entre los contaminantes y la salud humana de manera un poco más detallada. Será útil poseer un entendimiento de esas relaciones al, después en el documento, examinar los niveles de emisión de contaminantes a partir de una gama de combustibles dentro de las aplicaciones con mayor intensidad de energía.

La Tabla 7.1, basada en un informe de 2009 publicado por el Victoria Transport Policy Institute, de Canadá (VPI 2009), resume los principales efectos para la salud de algunos combustibles comunes.

Contaminante	Efectos sobre la Salud Cuantificados	Efectos sobre la Salud no Cuantificados	Otros Posibles Efectos
Ozono	Mortalidad RADs* de pequeño porte RADs respiratorios Internaciones hospitalarias Ataques de asma Alteraciones en la función pulmonar Sinusitis crónica y fiebre del heno	Aumento de la respuesta de las vías aéreas a estímulos Fibrosis centroacinoso Inflamación en los pulmones	Alteraciones inmunológicas Enfermedades respiratorias crónicas Efectos extra pulmonares (alteraciones en la estructura o función de los órganos)
Materia Particulada / TSP / Sulfatos	Mortalidad Bronquitis crónica y aguda Internaciones hospitalarias Enfermedad respiratoria inferior Enfermedad respiratoria superior Enfermedad torácica Síntomas respiratorios RADs de pequeño porte Pérdida de días de trabajo Estado asmático moderado o empeorado	Alteraciones en la función pulmonar	Otras enfermedades respiratorias crónicas además de la bronquitis crónica Inflamación del pulmón
Monóxido de carbono	Mortalidad Internaciones hospitalarias-congestivas Insuficiencia cardiaca Disminución del tiempo de episodio de angina angina	Efectos comportamentales Otras Internaciones hospitalarias	Otros efectos cardiovasculares Efectos en el desarrollo
Óxidos de nitrógeno	Enfermedad respiratoria	Aumento en la sensibilidad de respuesta de las vías aéreas	Disminución de la función pulmonar Inflamación de los pulmones Alteraciones inmunológicas
Dióxido de azufre	Morbidez en asmáticos en ejercicio: Alteraciones en las funciones pulmonares Síntomas respiratorios		Síntomas respiratorios en no asmáticos Internaciones hospitalarias
Plomo	Mortalidad Hipertensión Enfermedad coronaria no fatal Derrames no fatales Pérdida de cociente de inteligencia (QI)	Función neurocomportamental Otras enfermedades cardiovasculares Efectos reproductivos Efectos en el feto a partir de exposición de la madre Comportamiento delincuente y antisocial en niños	

Tabla 7.1: Efectos de los Contaminantes Comunes para la Salud

7.1 Contaminantes Reglamentados (Criterios)

7.1.1 Particulados (PM)

La "Materia Particulada", también conocida como polución o PM, es una mezcla compleja de partículas extremadamente pequeñas y gotículas líquidas. La polución por partículas es formada por algunos componentes, incluyendo ácidos (tales como nitratos y sulfatos), compuestos químicos orgánicos, metales y partículas de suelo o polvo.

El tamaño de las partículas está directamente ligado al potencial de las mismas para causar problemas de salud. Las principales preocupaciones están relacionadas a partículas iguales o menores que 10 micrómetros de diámetro, porque esas son las partículas que generalmente pasan a través de la garganta y de la nariz y que entran en los pulmones. Una vez inhaladas, esas partículas pueden afectar el corazón y los pulmones y causar efectos graves sobre la salud. La US EPA agrupa la polución por partículas en dos categorías:

"Partículas gruesas inhalables", tales como aquellas encontradas cerca de carreteras e industrias que provocan polvo, poseen más de 2,5 micrómetros y menos que 10 micrómetros de diámetro.

"Partículas finas", tales como aquellas encontradas en humo y neblina, poseen 2,5 micrómetros o menos de diámetro. Esas partículas pueden ser directamente lanzadas a partir de fuentes, como incendios forestales, o pueden ser formadas cuando los gases emitidos por plantas eléctricas, industrias y automóviles reaccionan en el aire.

7.1.2 Óxidos de Nitrógeno (NOx)

El término "óxidos de nitrógeno" comprende varios compuestos gaseosos, siendo los más significantes el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el óxido nitroso (N₂O).

Esos compuestos son formados por la reacción entre oxígeno y nitrógeno durante combustión a temperaturas elevadas, como ocurre en un motor de combustión interna o en llama de alta temperatura. Aunque esos compuestos sean químicamente diferentes, ellos son con frecuencia designados colectivamente como NOx.

Los NOx afectan la salud humana de dos formas. Primero, por su propia manera al irritar los ojos y los pulmones y, por lo que se cree, ser capaz de reducir la resistencia del cuerpo a infecciones. Esos síntomas son más gravemente experimentados por aquellas personas que ya poseen asma. También ya fue probado que el dióxido de nitrógeno afecta adversamente la vida de las plantas.

Estudios clínicos mostraron la relación entre las internaciones hospitalarias y los niveles de NOx en el medio ambiente en problemas respiratorios experimentados por personas saludables en los demás aspectos. Pero las reacciones más fuertes son encontradas en pacientes que poseen enfermedades preexistentes. La Tabla 7.2, abajo, presenta algunos ejemplos.

Población del Estudio	Concentración de NO _x , mg / m ³ (ppm)	Efecto Reportado
Niños Checos con edades de 7 a 12 años	Media de NO _x = 0,02 - 0,07 mg / m ³ a	Exceso de tonsilas hipertrofiadas y nodos linfáticos; alteraciones en los índices hematológicos
Niños de la ex-URSS en edad preescolar y escolar que viven próximas a fábricas de fertilizantes	0,32 (0,17) a 3,4 (1,8)b	Exceso de 17 veces en enfermedades respiratorias superiores; exceso de 6 a 12 veces en películas de tórax anormales
Adolescentes de la ex-URSS en entrenamiento vocacional en fábricas de productos químicos y fertilizantes	Menos de 0,10 (0,053) c	Exceso de 11% a 27% de enfermedades respiratorias agudas, aumento de lipoproteínas de la sangre y ^{colesterol} Aumento de 44% en visitas clínicas por desórdenes en los sistemas respiratorio, visual, nervioso, y problemas de piel
Residentes que viven a 1 km de industrias químicas	0,58 (0,31) a 1,2 (0,64)d	Exceso de 5 veces para enfermedades respiratorias superiores; exceso de 3 veces de tonsilitis; exceso de 2,5 veces de rinitis atrófica; retardo significativo en el crecimiento, en el peso y en la circunferencia torácica; disminución en la excreción urinaria de vitamina C
Niños soviéticos con edades entre 8 y 11 años que viven cerca de planta metalúrgica de hierro	Óxidos de nitrógeno = 46,3 (87) a 93,6 (176) y	
Pacientes internados en el Philadelphia General Hospital por causas respiratorias	-	Ninguna correlación consistente entre internaciones respiratorias y dióxido de nitrógeno
Niños en fase escolar en Chattanooga, sus hermanos y hermanas, y los padres de los mismos	Media 0,15 (0,08) a 0,28 (0,15) f 90° Percentil 0,19 (0,10) a 0,94 (0,50)	Exceso de 1% a 17% en enfermedades respiratorias agudas en niños; exceso de 9% a 33% en adultos
Bebés y niños de 6 a 9 años de edad en Chattanooga	0,15 (0,08) a 0,28 (0,15) f	Exceso de 10% a 58% de bronquitis aguda entre bebés; 39% a 71% de exceso entre niños de 6 a 9 años de edad

Tabla 7.2: Ejemplos de Dosis - respuesta para Niveles Excedentes de Óxido Nitroso (EN LAS 1997)

En un segundo impacto relacionado a la salud, el NO_x reacciona con compuestos orgánicos volátiles (VOCs) ante la presencia de la luz del sol y forma el (O₃). El ozono es un precursor de la neblina seca (smog) fotoquímica y es discutido separadamente en esta sección.

Las temperaturas y presiones encontradas en la quema ocurrida en motores de combustión interna son ideales para la formación de NO_x, y, en algunas ciudades americanas, más del 60% de todo NO_x en el medio ambiente es atribuido a fuentes de vehículos motorizados.

Pero los vehículos motorizados no son la única fuente. Motores industriales, hornos y varios procesos industriales también generan esos compuestos. Hasta la naturaleza es una fuente, con relámpagos, y hasta incluso la descomposición de microbacterias da su contribución.

Desde una perspectiva de alteración climática, el óxido nitroso posee alguna significancia. A pesar de que sea emitido en cantidades relativamente bajas, es un gas de efecto invernadero extremadamente poderoso, con una equivalencia de CO₂ de cerca de 410. Ese número significa que una tonelada de óxido nitroso posee el mismo impacto sobre a alteración climática que 410 toneladas de CO₂.

7.1.3 Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs), Incluyendo Hidrocarburos (HC)

Los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) son compuestos que contienen por lo menos un átomo de carbono, excluyendo el monóxido de carbono y el dióxido de carbono, que se evaporan rápidamente hacia la atmósfera. Los VOCs incluyen una amplia gama de sustancias individuales a partir de varias clases de sustancias, tales como hidrocarburos, halo carbonos y oxigenados.

Las principales fuentes de emisiones de VOC son los solventes orgánicos usados en varios productos comerciales para el consumidor, tales como artículos de limpieza, pinturas, tintas de impresión comercial; actividades del sector de transporte, tales como las emisiones de escape de autos y camiones; procesos industriales variados, como fabricación de productos químicos; y quema de combustibles fósiles o de biomasa. No todos los VOCs son originados de fuentes creadas por el hombre, de cualquier modo, en las áreas más populosas e industriales, las emisiones generadas por el hombre son predominantes.

Cuando los VOCs son liberados en la atmósfera, pueden reaccionar con otros componentes químicos, notadamente óxidos de nitrógeno, en reacciones fotoquímicas que producen ozono troposférico y Materia Particulada. Esos dos contaminantes del aire son los principales ingredientes de la neblina seca (smog) y causan efectos graves sobre la salud en humanos, incluyendo miles de muertes prematuras, internaciones hospitalarias y atenciones de emergencia todos los años.

Casi todo ozono troposférico y cerca de dos tercios de la Materia Particulada son formados en la atmósfera por medio de reacciones de sustancias precursoras, con el VOCs siendo una de las más significativas. Consecuentemente, la disminución de los niveles atmosféricos de Materia Particulada y de ozono debe ser alcanzada por medio de reducciones de precursores, tales como los VOCs.

Algunos compuestos de hidrocarburos, clasificados como **"tóxicos del aire"**, son extremadamente peligrosos para los seres humanos, pero varios de ellos son generados solamente en pequeñas cantidades.

Algunos tóxicos del aire son conocidos como carcinogénicos y ese grupo de agentes químicos también es sospechoso de desempeñar un papel en el crecimiento rápido de enfermedades del "Siglo 20", incluyendo el asma. No obstante, como las concentraciones de los mismos son extremadamente bajas, no fue posible aun establecer características dosis-respuestas de manera confiable, ni atribuir un costo monetario directo sobre los efectos de la exposición a los mismos. Los tóxicos del aire son discutidos con algún detalle en la Sección 7.2.



(Imagen: cortesía de la US EPA)

7.1.4 Ozono (O₃)

El ozono es un gas compuesto simplemente de tres átomos de oxígeno.

No es normalmente emitido directamente hacia el aire, sino a nivel troposférico el mismo es creado por la reacción química entre óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (VOCs) ante la presencia de la luz del sol.

El ozono posee la misma estructura química independientemente de ocurrir bien arriba de la tierra o a nivel troposférico, y puede ser "bueno" o "malo", dependiendo de su localización en la atmósfera. En la parte inferior de la atmósfera de la tierra, el ozono troposférico es considerado "malo".

El escape de vehículos y emisiones industriales, vapores de gasolina y solventes químicos, así como fuentes naturales, emiten NOx y VOCs que ayudan a formar el ozono, que es el constituyente primario de la neblina seca (smog) fotoquímica.

Varias áreas urbanas tienden a presentar altos niveles de ozono troposférico y neblina de smog, pero incluso áreas rurales también están sujetas a niveles elevados cuando el viento carga el ozono y contaminantes que la forman por largas distancias a partir de sus fuentes originales.

Efectos para la Salud

Personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos ancianos y personas que son activas pueden ser afectadas cuando los niveles de ozono sean perjudiciales a la salud. Muchos estudios científicos asociaron la exposición al ozono troposférico a varios problemas, entre ellos:

- irritación de las vías aéreas, tos, dolor al respirar fondo;
- chillidos y dificultades para respirar durante ejercicios o actividades al aire libre;
- inflamación, que es bastante parecida con una quemadura de sol en la piel;
- agravamiento de asma y aumento en la susceptibilidad a enfermedades respiratorias como neumonía y bronquitis; y
- daños pulmonares permanentes con la exposición repetida.

Efectos Ambientales

El ozono troposférico puede tener efectos perjudiciales para plantas y ecosistemas. Entre esos efectos están los siguientes:

- interferencia en la capacidad de plantas sensibles para producción y almacenamiento de alimentos, tornándolas más susceptibles a ciertas enfermedades, insectos, otros contaminantes, competición y clima adverso;
- daño a las hojas de los árboles y otras plantas, con impacto negativo sobre la vegetación urbana, así como vegetación en parques nacionales y áreas de recreación; y
- reducción en el crecimiento de las forestas, y producción de las cosechas, con impactos potenciales sobre la diversidad de especies en los ecosistemas.

El ozono también daña la vegetación y los ecosistemas. Solamente en los Estados Unidos, es responsable de una estimativa de US\$ 500 millones en reducción en la producción de culturas cada año.

7.1.5 Monóxido de Carbono (CO)

Monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro y venenoso compuesto por un átomo de carbono y uno de oxígeno. Es formado cuando el combustible a base de carbono no es totalmente quemado.

El escape de vehículos motorizados es la fuente más significativa de monóxido de carbono en la mayoría de los países desarrollados, y en áreas altamente urbanizadas ellos pueden llegar al 95% del total. Otros motores estacionarios y vehículos que no son utilizados en carreteras (como equipos para construcción) pueden contabilizar lo restante de las emisiones de monóxido de carbono generadas por motores. Otras fuentes incluyen procesos industriales (como procesamiento de metales y fabricación de productos químicos), quema de leña en residencias, y fuentes naturales, como incendios forestales.

La exposición al monóxido de carbono en ambientes cerrados puede ser más peligrosa que la inhalación de concentraciones en espacios abiertos. Hornos a leña, calentadores y hogares a base de combustibles sólidos son fuentes de monóxido de carbono en ambientes cerrados y las concentraciones pueden subir hasta niveles elevados si hubiere ventilación insuficiente. La mayoría de los calentadores a Gas LP es equipada con sensores de consumo de oxígeno que desconectan automáticamente el calentador si hubiere ventilación insuficiente para mantener la combustión completa.

El monóxido de carbono puede causar efectos peligrosos sobre la salud al reducir el suministro del oxígeno a los órganos del cuerpo (como el corazón y el cerebro) y para los tejidos. El oxígeno es transportado por el cuerpo vía células rojas de la sangre uniéndose a una sustancia dentro de las células de la sangre llamada hemoglobina, que también es responsable del color rojo de la misma.

La hemoglobina recoge el oxígeno conforme la sangre pasa por los pulmones, y al mismo tiempo el dióxido de carbono producido por el metabolismo del cuerpo es liberado a partir de la sangre en la espiración. La combinación del oxígeno con la hemoglobina es llamada de oxihemoglobina y esa sangre "oxigenada" es transportada a partir de los pulmones a través de la corriente sanguínea para todos los tejidos del cuerpo.

El monóxido de carbono también puede unirse a la hemoglobina, pero lo hace de manera aproximadamente 240 veces más fuerte que el oxígeno, formando un compuesto llamado carboxihemoglobina. Eso significa que si tanto el monóxido de carbono como el oxígeno fueren inhalados, el monóxido de carbono va a unirse preferentemente con la hemoglobina. Así siendo, reduce la cantidad de hemoglobina disponible para unirse con el oxígeno, y entonces el cuerpo y los tejidos se quedan sin oxígeno.

La carboxihemoglobina también posee efectos directos sobre los vasos sanguíneos en el cuerpo - haciendo que los mismos queden propensos a "fugas". Eso es observado principalmente en el cerebro, haciendo con que este se hinche, provocando inconsciencia y daños neurológicos.

La amenaza para la salud a partir de niveles bajos de monóxido de carbono es muy grave para aquellos que sufren de enfermedades cardíacas, como angina, obstrucciones arteriales o insuficiencia cardíaca congestiva. Para una persona con enfermedad cardíaca, una única exposición a bajos niveles de monóxido de carbono puede provocar dolores en el pecho y reducir la capacidad de que ellas se ejerciten; exposiciones repetidas pueden contribuir a otros efectos cardiovasculares.

Pero incluso personas saludables pueden ser afectadas por dosis elevadas de CO. Aquellas que inhalan niveles altos de monóxido de carbono pueden desarrollar problemas de visión, disminución en la capacidad de trabajo o aprendizaje, reducción de la habilidad manual y dificultad de ejecución de tareas complejas. A niveles extremadamente elevados el monóxido de carbono es venenoso y puede llevar a la muerte.

El monóxido de carbono también contribuye a la formación del ozono troposférico, que puede disparar problemas respiratorios graves (vea la Sección 7.1.4).

7.1.6 Contenido de Azufre en los Combustibles y Dióxido de Azufre (SO₂)

El dióxido de azufre causa una gran variedad de impactos ambientales y para la salud por causa de la manera como el mismo reacciona con otras sustancias en el aire. Grupos particularmente sensibles incluyen a personas con asma que son activas en ambientes abiertos además de niños, ancianos, y personas con enfermedades cardíacas o pulmonares. Niveles de pico de dióxido de azufre pueden acarrear dificultad temporal para respirar en algunas personas con asma que son activas, en ambientes abiertos. Exposiciones de larga duración a niveles elevados de dióxido de azufre gaseoso y en partículas causan enfermedades respiratorias y agravan enfermedades cardíacas ya existentes.

El dióxido de azufre también reacciona con otros productos químicos del aire y forma pequeñas partículas de sulfato. Cuando inhaladas, esas partículas son reunidas en los pulmones y están asociadas al aumento de síntomas y enfermedades respiratorias, dificultad para respirar y hasta la muerte prematura.

Cuando el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno reaccionan con otras sustancias en el aire, ellos pueden formar ácidos, que caen en la tierra como lluvia, neblina o nieve, o partículas secas - ese fenómeno es comúnmente descrito como "lluvia ácida", la cual puede ser cargada por el viento por centenas de kilómetros.

La lluvia ácida daña forestas y plantaciones, altera la composición de los suelos, y acidifica lagos y ríos que se toman impropios para la pesca. La exposición continuada por un largo período cambia la variedad natural de plantas y animales de un ecosistema.

El dióxido de azufre es generado en cantidades enormes, conforme ilustrado por la Figura 7.3, abajo. (US EPA 2002)

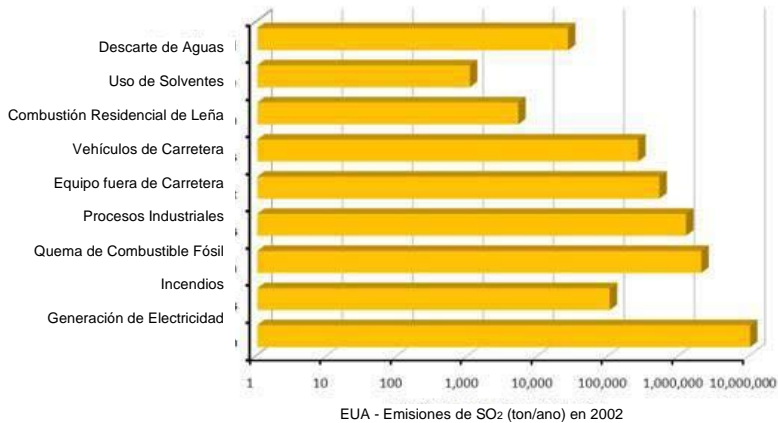


Figura 7.3: Emisiones Anuales de Dióxido de Azufre en los EUA (2002).
 Nota: escala logarítmica

Considerando los impactos extensivos sobre la salud humana, y los daños de la lluvia ácida a culturas, ecología, edificios e infraestructura, es claramente imperativo que las emisiones de ese contaminante sean minimizadas.

A pesar de que un progreso importante ya haya sido efectuado por medio de la determinación de reducción del azufre en la gasolina y diesel combustibles, y de la introducción de medidas para disminución de emisiones para plantas de generación eléctrica, el gráfico muestra que hay un alcance considerable para caídas adicionales en otras áreas.

Las tasas de emisión de partículas por motores a diesel poseen una relación lineal con el contenido de azufre del combustible. El gráfico abajo ilustra esa relación.

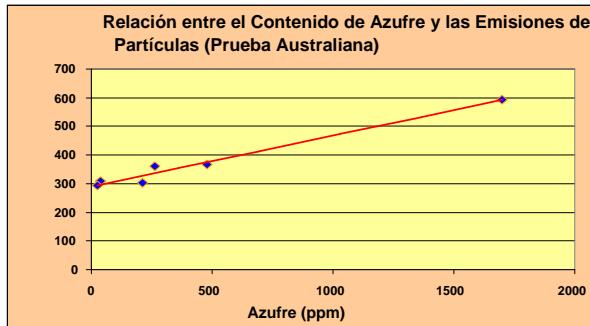


Figura 7.4: Contenido de Azufre en los Diesel Combustibles Comparado con las Emisiones de Partículas

La prueba encomendada por el Gobierno de Australia (EA, 2003), resumida en la Figura 7.4, utilizó seis combustibles, con contenido de azufre variando de 24ppm a 1.700ppm. Fue ejecutada en una instalación para pruebas de emisiones en trabajos pesados (Parsons Australia), empleando el transiente para "mundo real" de ciclo de uso para emisiones urbanas compuestas (composite urban emissions drive cycle - CUEDC). Dos vehículos a diesel para trabajos medios fueron probados, y el gráfico representa las tasas de emisión ponderadas para cada combustible. El combustible con contenido elevado de azufre aumentó efectivamente las emisiones PM en hasta 300 mg/km, duplicando las emisiones de "base" para esos vehículos (sin filtro de partículas instalado).

Los altos niveles de azufre también inhiben el uso de tecnologías de control de polución modernas, incluyendo sistemas catalíticos para escape y filtros para partículas de diesel. El azufre "envenena" las superficies activas de esos dispositivos y pueden degradar gravemente la eficiencia de los mismos.

El Gas LP contiene apenas concentraciones muy pequeñas de azufre, y consecuentemente emite poco o ningún dióxido de azufre. Es la fuente de energía ideal para sustituir varios de los combustibles con azufre aún en uso, en particular calentadores a carbón y varias fuentes de calefacción para procesos industriales.

7.1.7 Plomo (Pb)

El plomo es un metal ampliamente usado que, una vez liberado para el medio ambiente, puede contaminar el aire, alimentos, el agua o el suelo. Las exposiciones a cantidades de plomo aunque pequeñas, a lo largo de un período de tiempo extenso, pueden ser acumuladas llegando a niveles peligrosos. La exposición de corto plazo a niveles elevados de plomo también puede causar daños. El plomo puede afectar adversamente los sistemas nervioso, reproductivo, digestivo, cardiovascular, la formación de la sangre y los riñones. En hombres, los efectos reproductivos pueden incluir conteo reducido de esperma y anomalía de esperma. En las mujeres, los efectos reproductivos adversos engloban caída de la fertilidad, fetos nacidos muertos o abortos. Los niños constituyen una población sensible ya que absorben el plomo más rápidamente y su sistema nervioso en desarrollo representa para los mismos un riesgo aumentado para los daños relacionados al plomo, insertando disturbios de aprendizaje.

Los aditivos con plomo fueron frecuentemente usados para elevar la tasa de octanaje de la gasolina y se tornaron una fuente relevante de polución suspendida de plomo. La mayoría de los países desarrollados prohibió el uso de esos aditivos. El Gas LP no contiene plomo.

7.2 Compuestos Tóxicos del Aire

Los contaminantes tóxicos del aire, también conocidos como contaminantes peligrosos del aire (HAP), son aquellos contaminantes en relación a los cuales se sabe o hay sospecha de que causan cáncer u otros efectos graves sobre la salud, tales como efectos sobre la reproducción o defectos congénitos, o efectos adversos para el medio ambiente.

La US EPA lista 187 contaminantes como "Tóxicos del Aire". A pesar de que esos compuestos químicos son conocidos como extremadamente peligrosos para seres humanos, varios de ellos existen solamente en concentraciones extremadamente bajas en el aire ambiente, haciendo que sea muy difícil caracterizar la toxicidad de los mismos con cualquier grado de certidumbre. La Figura 7.5 compara las emisiones de un vehículo automotor típico relativamente a algunos de los principales tóxicos del aire para los combustibles comerciales más ampliamente disponibles (Anyon, 2002), con base en datos de un informe del Argonne National Laboratory report (Winebrake J., 2000).

Nota: CURE = Unidad de Estimativa de Riesgo de Cáncer, definida como "mayor riesgo estimado de cáncer durante el tiempo de vida excedente resultante de la exposición continua a un agente (por ejemplo, un agente químico) a una concentración de 1 microgramo por metro cúbico en el aire o 1 microgramo por litro en agua". Así, cuanto mayor el número CURE, mayor el riesgo de cáncer humano.

TRADUCIR ESTE GRÁFICO

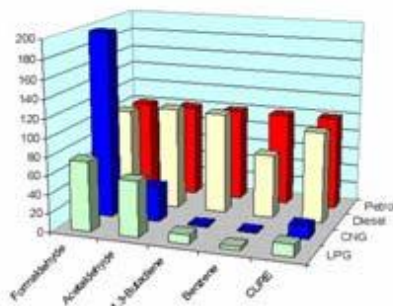


Figura 7.5: Comparación de las Emisiones de Tóxicos del Aire por Tipo de Combustible en el Sector de Transporte

Este documento examina los efectos para la salud de cinco tóxicos del aire - benceno, 1,3-butadieno, tolueno, xilenos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Esos cinco tóxicos del aire son clasificados por la OMS como poseyendo el mayor potencial de daños para la salud, con base en una combinación de la toxicidad inherente de los mismos y los niveles de exposición humana típicos.

La Tabla 7.6, con base en datos del Gobierno de Australia (NPI 2000), también destaca los niveles de emisión de tóxicos del aire extremadamente bajos de vehículos movidos a Gas LP, en comparación con sus equivalentes movidos a gasolina y diesel.(14)

Emisiones Tóxicas para el Aire, Escape de Vehículos de Pasajeros (g/km)			
Por Tipo de Carretera			
Tipo de Carretera:	Arterial	Freeway	Residencial
Benceno			
Gasolina	0.08291	0.08817	0.09541
Diesel	0.00334	0.00313	0.00518
Gas LP	0.00001	0.00001	0.00002
1,3-butadieno			
Gasolina	0.01064	0.00993	0.01642
Diesel	0.00064	0.00059	0.00099
Gas LP	0.00010	0.00009	0.00015
HAPs			
Gasolina	0.00668	0.00625	0.01035
Diesel	0.00674	0.00628	0.01041
Gas LP	0.00000	0.00000	0.00000
Tolueno			
Gasolina	0.05618	0.02531	0.05618
Diesel	0.01573	0.00710	0.01573
Gas LP	0.00000	0.00000	0.00000
Xilenos			
Gasolina	0.08880	0.04175	0.08880
Diesel	0.03405	0.02516	0.03405
Gas LP	0.00000	0.00000	0.00000

Tabla 7.6: Emisiones de Tóxicos del Aire por Vehículo de Pasajeros de Acuerdo con el Combustible y el Tipo de Carretera (NPI 2000)

Las personas expuestas a contaminantes tóxicos del aire a concentraciones y durante períodos de tiempo suficientes podrán tener una oportunidad aumentada de adquirir cáncer o sufrir otros efectos graves sobre la salud. Esos efectos pueden incluir daños al sistema inmunológico, así como problemas neurológicos, reproductivos (o sea, reducción de la fertilidad), de desarrollo, respiratorios, y otros problemas de salud.

Además de la exposición a través de la respiración a los tóxicos del aire, algunos contaminantes, como el mercurio, pueden ser depositados en suelos o aguas superficiales, donde son absorbidos por plantas e ingeridos por animales y son más tarde potenciados por medio de la cadena alimenticia. Así como en humanos, los animales pueden sufrir problemas de salud si fueren expuestos a cantidades suficientes de tóxicos del aire a lo largo del tiempo.

Así que los contaminantes tóxicos del aire ingresan en el cuerpo, algunos de ellos que son persistentes se acumulan en los tejidos del cuerpo. Los depredadores en general forman concentraciones aun mayores que sus presas contaminadas. Como resultado, las personas y otros animales en la cima de la cadena alimenticia que ingieran un pescado o carne contaminados están expuestos a concentraciones mucho más elevadas que las encontradas en el agua, en el aire o en el suelo.

Los humanos están expuestos a contaminantes tóxicos del aire de varias maneras que pueden presentar riesgos, como:

- Respirando aire contaminado.
- Comiendo productos alimenticios contaminados, como pescado proveniente de aguas contaminadas, carne, leche o huevos de animales alimentados con plantas contaminadas; y frutas y legumbres cultivados en suelo contaminado en el cual sustancias tóxicas del aire fueron depositadas.
- Bebiendo agua contaminada por contaminantes tóxicos del aire.
- Ingeriendo tierra de suelo contaminado. Niños pequeños son especialmente vulnerables porque tragan tierra después de jugar con ella o contenidas en objetos que colocan en la boca.
- Contacto físico con el suelo, polvo o agua contaminados.

Los HAPs son compuestos que contienen solamente hidrocarburos y carbono y constituyen un grupo con más de varias centenas de compuestos químicos orgánicos con dos o más anillos aromáticos fundidos. Los HAPs con dos anillos son encontrados en la fase de vapor, HAPs que presentan de dos a cinco anillos pueden ser hallados tanto en la fase de vapor como en las fases de partículas, y HAPs con cinco o más anillos tienden a ser sólidos adsorbidos en otras partículas atmosféricas. El Benzo-a-pireno (B[a]P) es un compuesto con cinco anillos y probablemente el HAP más conocido. El B[a]P es frecuentemente usado como un marcador para HAPs.

Los HAPs son formados principalmente como resultado de la combustión incompleta de materiales orgánicos durante actividades industriales y otras actividades humanas, tales como procesamiento de carbón y petróleo crudo, combustión de gas natural, combustión de residuos, hornos con quema de leña, escape de vehículos motorizados, cocina, humo de tabaco, y procesos naturales como carbonización.

7.2.1 Benceno

El benceno es un componente natural del petróleo crudo. Casi todo benceno encontrado al nivel del suelo viene de actividades humanas. Es emitido a partir de fuentes industriales y una variedad de fuentes de combustión, incluyendo escape de vehículos motorizados y quema de combustibles sólidos. El benceno también es emitido a partir del humo del tabaco. La principal fuente en áreas abiertas son las emisiones, evaporaciones y pérdidas durante la manipulación, distribución y almacenamiento de la gasolina. Los trabajadores en industrias expuestos al escape de vehículos motorizados están sometidos a riesgo de exposición.

El benceno es roto naturalmente por medio de reacciones químicas en la atmósfera. La extensión de tiempo durante la cual el vapor de benceno va a permanecer en el aire varía desde pocas horas hasta algunos días dependiendo de factores ambientales, clima y concentración de otras sustancias químicas en el aire, tales como nitrógeno y dióxido de azufre. No es bioacumulable en sistemas acuáticos o terrestres.

La inhalación es el camino dominante para la exposición al benceno en humanos. El cigarrillo es una fuente importante de exposición personal. Viajes extensos en automóviles también producen exposiciones que siguen solamente el humo como causa intensificadora de la exposición general.

El entendimiento corriente de los efectos del benceno sobre la salud es principalmente derivado de estudios con animales y estudios de la salud humana en funciones ocupacionales.

Los efectos agudos del benceno incluyen irritaciones de la piel y de los ojos, confusión, tontura, dolores de cabeza y vómitos. Los efectos adversos más significativos de la exposición crónica al benceno son a hemotoxicidad, genotoxicidad, carcinogenicidad, y también la posibilidad de causar defectos congénitos en humanos y animales. Parece haber una relación dosis-respuesta sin cualquier efecto límite. Los mecanismos de la toxicidad del benceno no son bien conocidos.

El benceno es carcinogénico y la exposición de larga duración a sus efectos puede afectar la producción normal de la sangre y ser perjudicial para el sistema de inmunológico del organismo. Puede causar cánceres y leucemia (cáncer de los tejidos que forman las células blancas de la sangre) en animales de laboratorio y poblaciones humanas expuestas por largos períodos, y fue asociado a defectos congénitos en animales y humanos.

Tanto la Agencia Internacional para Investigación y Cáncer (IARC) como la US EPA clasificaron el benceno como un carcinogénico humano conocido.

A pesar de toda la población ser susceptible a efectos adversos del benceno sobre la salud, se piensa que, a niveles como los que ocurren en la atmósfera ambiente, el benceno no posee efectos de corto plazo o agudos.

Aunque efectos adversos sobre la salud hayan sido documentados con exposiciones tanto agudas como crónicas al benceno, para los propósitos de derivación de funciones de exposición-respuesta, el principal punto de llegada utilizado para la salud es la leucemia.

7.2.2 1,3-Butadieno

El 1,3-butadieno es emitido a partir de refinerías e instalaciones de fabricación de productos químicos. La principal fuente del 1,3-butadieno es la combustión incompleta de gasolina y de diesel combustible. El 1,3-butadieno es altamente reactivo y puede oxidar y producir formaldehído y acrolina, dos sustancias tóxicas por sí mismas. El 1,3-butadieno es emitido a partir de instalaciones industriales, humo de tabaco y de emisiones de vehículos motorizados. Los trabajadores en industrias que usan o fabrican el 1,3-butadieno o quedan expuestos al escape de vehículos están bajo riesgo de exposición. La ruta probable de la exposición de humanos al 1,3-butadieno ocurre por inhalación.

La exposición al 1,3-butadieno puede irritar los ojos, nariz y garganta. También puede causar daños al sistema nervioso central, pérdida de nitidez de la visión, náusea, fatiga, dolor de cabeza, disminución de la tasa de pulso y de la presión, y pérdida de consciencia. La exposición de largo plazo a niveles más bajos indicó aumentos en daños al corazón y a los pulmones. Hay datos inadecuados sobre humanos (con base solamente en pocos estudios ocupacionales), pero datos suficientes en animales sugieren que el 1,3-butadieno es carcinogénico en humanos. Compuestos químicos fuertemente relacionados al 1,3-butadieno son carcinogénicos conocidos en humanos.

La US EPA incluyó el 1,3-butadieno en el Grupo B2: probables carcinogénicos en humanos. La IARC clasifica el 1,3-butadieno como probable carcinogénico en humanos. Una revisión recientemente de directrices de la calidad del aire hecha por la OMS concluyó que el 1,3-butadieno es posiblemente carcinogénico para humanos (Grupo 2A).

7.2.3 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

Los HAPs contienen solamente hidrocarburos y carbono y son un grupo de más de varias centenas de compuestos químicos orgánicos con dos o más anillos aromáticos fundidos. El Benzo-a-Pireno (B[a]P) es probablemente el más conocido HAP y es encontrado en el escape de motores (especialmente a diesel), siendo además uno de los varios carcinogénicos que componen el humo de cigarrillo.

Los HAPs son formados principalmente como resultado de procesos de pirólisis, especialmente la combustión incompleta de materias orgánicas y de otras actividades orgánicas, tales como el procesamiento de carbón y de petróleo crudo, combustión de gas natural, combustión de residuos, tráfico de vehículos, cocina, humo de tabaco y procesos naturales como la carbonización.

La exposición ocupacional a HAP puede ocurrir en la fabricación y uso del petróleo, o a partir de la quema de carbón, leña u otros materiales vegetales. La mayor parte de los HAPs en el aire son generalmente encontrados juntos a Materias Particuladas. La exposición ocupacional a HAP puede ocurrir en instalaciones industriales de producción de carbón, coquerías y locales de gasificación de carbón.

Datos provenientes de estudios con animales indican que varios HAPs pueden inducir algunos efectos adversos, incluyendo carcinogenicidad y toxicidad sobre la reproducción. El B[a]P es sin dudas el HAP más intensamente estudiado en animales. La carcinogenicidad del B[a]P para los pulmones es ampliada por la coexposición a otras sustancias, como el humo de cigarrillo y probablemente partículas suspendidas. Los resultados de estudios epidemiológicos apuntan un aumento en el cáncer de pulmón ocurrido en humanos expuestos a emisiones de hornos a carbón, emisiones de alquitrán para uso en tejados, y humo de cigarrillo. Cada uno de esos contiene una cantidad de HAPs.

7.2.4 Tolueno

El tolueno, ampliamente difundido en el ambiente por causa de su uso en diversos productos comerciales y domésticos, es encontrado en el humo del tabaco. Los niveles de tolueno en ambientes cerrados pueden ser más elevados que en ambientes abiertos durante la exposición no ocupacional a pinturas y thinners, y también donde existe humo de tabaco. La inhalación de cola o pintura puede llevar a exposiciones mayores. La polución del aire a partir de vehículos es una fuente importante de exposición. El tolueno es emitido durante la extracción de petróleo crudo y gas natural, y en el refinado del petróleo. Los trabajadores de industrias expuestos al escape de vehículos motorizados están bajo el riesgo de exposición.

El sistema nervioso central (SNC) es el principal blanco de la toxicidad del tolueno tanto en animales como en seres humanos derivado de la exposición aguda y crónica. La disfunción del SNC (a veces reversible) y la narcosis son observadas en humanos expuestos a niveles bajos o moderados. La exposición por un período de tiempo corto a altos niveles de tolueno puede resultar en sensación de ligereza en la cabeza y euforia. La depresión del SNC ocurre con utilizadores crónicos expuestos a niveles elevados.

Entre los síntomas, se encuentran la atrofia cerebral, habla, audición y visión perjudicadas. La irritación del tracto respiratorio superior está asociada a la inhalación crónica. El tolueno aparentemente no es carcinogénico. La US EPA incluyó el tolueno en el Grupo D, no clasificable como carcinogénico para humanos.

7.2.5 Xilenos

Los xilenos son emitidos durante el refinado del petróleo, la quema de combustibles sólidos, y son componentes del escape de vehículos. Ellos también están incorporados a varios productos domésticos.

La exposición aguda a xilenos ocasiona irritación del tracto respiratorio, irritación transitoria de los ojos y efectos neurológicos. La inhalación y exposición crónicas resultan en efectos sobre el Sistema Nervioso Central (SNC) como dolores de cabeza, tontura, fatiga, temblores y descoordinación. Otros efectos de la exposición crónica pueden incluir función pulmonar perjudicada y posibles efectos sobre la sangre y los riñones.

La evidencia de efectos sobre el desarrollo o reproducción en humanos no fue conclusiva. Los xilenos aparentemente no son carcinogénicos.

8 Anexo A2 - Estándares de Calidad del Aire Ambiente

8.1 Panorama

Los inmensos costos sociales y económicos asociados a la exposición humana a la polución del aire son ahora ampliamente reconocidos. Como consecuencia, las economías más desarrolladas (y varias en desarrollo) introdujeron actualmente niveles máximos de exposición, ya sean los mismos metas o, en algunos casos, límites obligatorios.

Un estudio de 2005 de la Organización Mundial de la Salud (OMS) confirmó que el mundo desarrollado no está inmune a las consecuencias de la polución del aire. La investigación concluyó que la exposición a los niveles actuales de PM reduce la expectativa de vida de cada persona en la Unión Europea en una media de nueve meses, y posee un impacto económico directo de hasta € 161 mil millones (US\$ 220 mil millones) cada año. (OMS, 2005-1)

A pesar de no ser exigido por ley, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó directrices para una gama de contaminantes (OMS, 2005-2), incluyendo niveles máximos de exposición recomendados. En común con los otros límites aconsejados y reglamentados discutidos en esta Sección, las recomendaciones de la OMS son estructuradas como una concentración media de contaminante a lo largo de un período de tiempo especificado (por ejemplo, microgramos por metro cúbico $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo de 24 horas).

En los EUA, por ejemplo, las normas para niveles de polución del aire ambiente son establecidas por medio del "Acto del Aire Limpio". El Acto es una ley federal que cubre todo el país, pero los gobiernos regionales tanto a nivel estatal como local solicitaron la implementación de varias exigencias del Acto. En conformidad con el "Acto del Aire Limpio", la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (US EPA) instituye límites sobre una gama de contaminantes del aire para ayudar a asegurar un grado de salud y protección ambiental para la población.

El Acto también confiere a la US EPA poderes para intervenir localmente en los casos en que fuentes de polución individuales, como fábricas de productos químicos, u otras actividades industriales, creen una fuente de polución excesivamente alta. A pesar de las autoridades estatales y locales ser responsables de la implementación de muchas de las actividades exigidas por el Acto, la US EPA puede, no obstante, interferir y emitir sanciones contra el estado o agencias locales y, si fuera necesario, podrá adoptar acciones de cumplimiento dentro de esa área.

Un conjunto de límites de exposición para la Unión Europea será colocado en práctica durante el período de 2010 hasta 2015. Ellos son, de modo general, consistentes con los abordajes adoptados en otras jurisdicciones, y también con las recomendaciones de la OMS discutidas abajo.

Los límites de exposición efectivamente recomendados y determinados para cada uno de los ejemplos anteriores son mostrados en las tablas de la Sección 8.2, abajo.

Los contaminantes indicados en las tablas de la Sección 8.2 poseen una significancia especial porque poblaciones enteras están expuestas a ellos en el aire que respiramos, pero debe ser notado que varios otros contaminantes son extremadamente peligrosos y, en circunstancias en las cuales ocurran concentraciones locales más elevadas, pueden también representar un riesgo grave para la salud.

8.2 Normas y Reglamentación sobre la Calidad del Aire

Cuatro contaminantes fueron identificados por la OMS como poseedores de los mayores impactos netos sobre la salud humana. Ellos son mostrados en la Tabla 8.1 (abajo), conjuntamente con los límites recomendados en las directrices.

Contaminante	Límite de exposición	Período de media
Materia Particulada (PM10) *	50 µg/m ³	media de 24 horas
Materia Particulada (PM10)	20 µg/m ³	media anual
Materia Particulada (PM.5) **	25 µg/m ³	media de 24 horas
Materia Particulada (PM _{2.5})	10 µg/m ³	media anual
Ozono (O ₃)	100 µg/m ³	media de 8 horas
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	40 µg/m ³	media anual
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	500 µg/m ³	media de 1 hora
Dióxido de azufre (SO ₂)	20 µg/m ³	media de 24 horas
Dióxido de azufre (SO ₂)	500 µg/m ³	media de 10 minutos

* *Media de partículas PM10 con diámetro aerodinámico menor que 10 micrones (µm)*

** *Media de partículas PM_{2.5} con un diámetro aerodinámico menor que 2.5 µm*

Tabla 8.1: Directrices de Exposición de la OMS para los Contaminantes Principales

Esas directrices representan los límites de exposición recomendados, pero varias ciudades poseen niveles de PM_{2.5} para el aire ambiente que exceden los niveles máximos recomendados en un factor de cinco o más. O aun peor, las mediciones tomadas donde hogueras con leña son usadas para la preparación de alimentos en ambientes cerrados (Park, 2003) encontraron concentraciones de PM_{2.5} que algunas veces excedieron 8.000 µg/m³ - más de 300 veces arriba del límite de la OMS para 24 horas. Esa situación es probablemente repetida en varias regiones en todo el mundo.

Reconociendo el daño creado por la polución del aire, además de su legislación de 2005, la Unión Europea está ahora colocando en uso un nuevo conjunto de límites de exposición reglamentados. La Tabla 8.2 resume la cobertura de algunas de esas Directivas, la mayoría de las cuales se torna obligatoria a lo largo del período de 2010 a 2015. (En algunos casos los estados-miembros pueden requerir prorrogaiones de hasta cinco años.)

Informaciones más detalladas sobre la implementación de esas reglamentaciones pueden ser encontradas en la dirección <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

Contaminante	Límite de Exposición	Período de Media
Partículas finas (PM _{2.5})	25 µg/m ³	1 año
Dióxido de azufre (SO ₂)	350 µg/m ³	1 hora
Dióxido de azufre (SO ₂)	125 µg/m ³	24 horas
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	200 µg/m ³	1 hora
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	40 µg/m ³	1 año
PM10	50 µg/m ³	24 horas
PM10	40 µg/m ³	1 año
Plomo (Pb)	0.5 µg/m ³	1 año
Monóxido de carbono (CO)	10 mg/m ³	media máx. diaria 8 hs
Benceno	5 µg/m ³	1 año
Ozono (O ₃)	120 µg/m ³	media máx. diaria 8 hs
Hidrocarburos aromáticos Policíclicos (HAPs)	1 ng/m ³	1 año

Tabla 8.2: Normas para Calidad del Aire en la Unión Europea

Las metas ambiciosas ahora establecidas generan muchos desafíos, ya que ellas no apenas entran en vigencia dentro de períodos relativamente cortos, sino también incluyen una variedad más amplia de contaminantes. Por suerte varias industrias aceptan ahora que el desarrollo acelerado de vehículos, máquinas y procesos industriales más eficientes y menos contaminantes, con utilización de combustibles más limpios, es un imperativo para los negocios.

La tabla a continuación resume los límites de contaminación ambiente US EPA establecidos bajo el "Acto del Aire Limpio" (<http://www.epa.gov/air/criteria.html>). Los límites están, de modo general, alineados con aquellos promulgados por la Unión Europea (Tabla 8.2), y aquellos recomendados por la OMS (Tabla 8.1).

Contaminante	Nivel	Tiempo de Media
Monóxido de carbono	9 ppm (10 mg/m ³)	8-horas
Monóxido de carbono	35 ppm (40 mg/m ³)	1-hora
Plomo	0.15 µg/m ³	media rotativa de 3 meses
Dióxido de nitrógeno	0.053 ppm (100 µg/m ³)	anual (media aritmética)
Materia Particulada (PM ₁₀)	150 µg/m ³	24-horas
Materia Particulada PM _{2.5})	15.0 µg/m ³	anual (media aritmética)
Materia Particulada (PM _{2.5}) [24 h]	35 µg/m ³	24-horas
Ozono [8h]	0.075 ppm (pad 2008)	8-horas
Ozono [1h]	0.12 ppm	1-hora
Dióxido de azufre	0.03 ppm	anual (media aritmética)
Dióxido de azufre	0.14 ppm	24-horas

Tabla 8.3: Acto del Aire Limpio de los EUA - Límites de los Contaminantes Ambientales

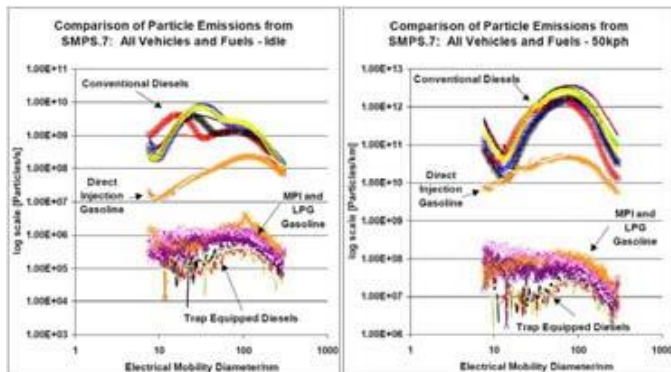
Varios otros países tienen límites o metas similares, algunos de ellos basados en los límites de la OMS o de los EUA.

China, por ejemplo, posee estándares de calidad del aire que generalmente están entre los niveles de la OMS y los de los EUA. No obstante, las normas chinas no incluyen la PM_{2.5}, que es uno de los contaminantes más críticos para la perspectiva de la salud.

Los estándares de calidad del aire ambiente de Australia, que fueron promulgados en junio de 1998, son legalmente obligatorios para cada nivel de gobierno, y el cumplimiento de los mismos fue exigido hasta 2008. Los más recientes informes de conformidad estatales, preparados en 2006, muestran un progreso de modo general bien alcanzado, pero varios Estados aun reportaron por lo menos varias áreas de no conformidades. El ozono y a PM₁₀ parecen ser los contaminantes para los cuales existe el mayor nivel de no conformidades.

9 Anexo A3 - Emisión de Partículas a partir de los Motores con Tecnología Actual (15)

LA TRADUCCIÓN DE LOS GRÁFICOS ESTÁ ABAJO DE LOS MISMOS



<p>Comparación de Emisión de Partículas a partir de la SMPS.7: Todos los Vehículos y Combustibles - Ocioso</p> <p>Diesel convencional</p> <p>Gasolina con inyección directa</p> <p>MPI y LPG Gasolina</p> <p>Diesel Equipado con Dispositivo de Captura</p> <p>Movilidad eléctrica</p>	<p>Comparación de Emisión de Partículas a partir de la SMPS.7: Todos los Vehículos y Combustibles - 50 km/h</p> <p>Diesel convencional</p> <p>Gasolina con inyección directa</p> <p>MPI y LPG Gasolina</p> <p>Diesel Equipado con Dispositivo de Captura</p> <p>Movilidad eléctrica</p>
--	---

Figura 9.1: - Emisiones de Partículas por Tipo de Combustible y Tecnología (Ricardo et al 2001)

La Figura 9.1 anterior comprime de manera muy conveniente un gran cuerpo de datos de pruebas sobre PM en dos gráficos altamente informativos. Puede ser rápidamente visualizado que las tasas de emisión relativa de partículas para cada tipo de combustible son similares tanto en la prueba ociosa como en las pruebas a 50 km/h, aunque los valores absolutos difieran de manera bastante sustancial.

Los motores convencionales a diesel (aquellos sin cualquier tratamiento posterior al escape para reducir los niveles de partículas) presentaron claramente los niveles más elevados de emisión, mientras los niveles para vehículos convencionales con inyección multipunto y movidos a Gas LP son sustancialmente menores. Los lectores deben notar que la escala vertical es logarítmica, entonces cada división vertical representa un aumento de diez veces en la concentración de partículas.

Tanto en la prueba ociosa como a 50 km/h, los motores convencionales a diesel presentan concentraciones de partículas entre 100 y 1.000 veces más elevadas que la mayoría de los vehículos a gasolina y a Gas LP.

Pero es interesante notar que los motores con inyección directa de gasolina (Direct Injection Gasoline - DIG) también poseen emisiones de PM extremadamente altas - de manera general entre 10 y 100 veces más elevadas que los motores actualmente más utilizados para Gas LP y gasolina. El uso de la tecnología de inyección directa (DI) de gasolina va probablemente a aumentar, ya que los fabricantes de vehículos se esfuerzan para mejorar aun más la economía de combustible.

Pero los gráficos nos dicen que esa estrategia representa una desventaja ambiental potencialmente grave, ya que las emisiones de PM de la gasolina no fueron consideradas previamente como suficientemente elevadas para asegurar una reglamentación. Los resultados (**Ricardo**) son consistentes con los de los demás estudios sobre emisiones de partículas a partir de motores DIG.

En respuesta a los resultados de esa investigación, los reglamentos sobre emisión Euro 5 de 2009 introducen, por primera vez, límites de emisión de PM para la gasolina PM. Esa extensión del alcance de los reglamentos europeos abordó específicamente solamente motores DIG a gasolina - PM a partir de motores a gasolina con otros sistemas de inyección de combustible que no sea el DI no serán reglamentados.

En un frente más general, en los EUA hay una preocupación creciente de que las emisiones de partículas a partir de vehículos a gasolina pueden representar una amenaza mayor para la salud que lo que se consideraba anteriormente. En 2006, la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (US EPA) divulgó los resultados de un programa de pruebas de larga escala en la ciudad del Kansas para medir las emisiones de partículas, a partir de vehículos movidos a gasolina y camiones ligeros, en varios grupos de edad. Los resultados de esas pruebas son resumidos en la Figura 9.2, abajo.

PM_{2,5} Tasas de Emisión Ponderadas

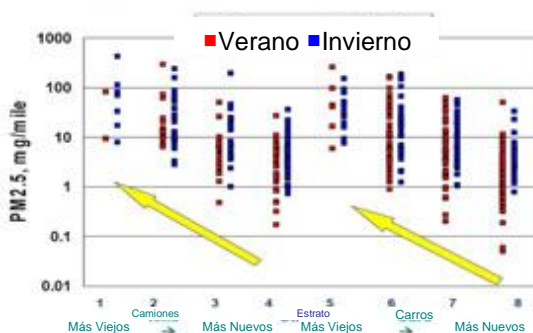


Figura 9.2: Emisiones de PM_{2.5} a partir de Vehículos Movidos a Gasolina (US EPA 2006)

Como comparación, el límite de emisión de PM para automóviles a diesel y vehículos comerciales ligeros dentro del estándar Euro 4 (en vigencia desde 2005 en Europa y progresivamente adoptado en varias otras economías) es de 25 mg por kilómetro (el equivalente a 40 mg por milla). El reglamento de 2009 (Euro 5) reduce el límite para 5mg/km (8mg/milla).

A partir del gráfico anterior puede ser inferido que varios vehículos movidos a gasolina en uso producen emisiones de PM significativamente más elevadas que el diesel con la tecnología actual.

La alta volatilidad del Gas LP resulta en la transformación casi instantánea para la fase gaseosa cuando inyectado directamente en el cilindro. Eso reduce grandemente la probabilidad de que motores a Gas LP con inyección directa produzcan los altos niveles de PM generados por sus contrapartes a gasolina.

10 Referencias

Anderson H 2004 et al. Meta analysis of time series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O₃). Report of a WHO task group. WHO regional office for Europe, 2004.

Anyon, 2002. "Liquefied Petroleum Gas as an Automotive Fuel - a 2002 Perspective." Anyon, P., published by the Australian Liquefied Petroleum Gas Association, 2002.

Ayers et al 1999. Chemical and Physical Properties of Australian Fine Particles: A Pilot Study', by GP Ayers, MD Kenwood and JL Gras, of CSIRO, and D Cohen, D Garton and GM Bailey, ANSTO, 1999.

Basu and Samet 1999. A Review of the Epidemiological Evidence on Health Effects of Nitrogen Dioxide Exposure from Gas Stoves. Basu R and Samet J, Journal of Environmental Medicine 1(4):173-187.

BIC, 2001. "Getting the Prices Right: Policy for More Sustainable Fuel Taxation for Road Transport in Australia", submission by the Bus Industry Confederation to the Commonwealth Fuel Tax Inquiry, outubro de 2001.

CONCAWE, 1992, Liquefied petroleum gas, product dossier no. 92/102, p. 4 and p. 12, 1992 DoE,94. Alternatives to Traditional Transport Fuels, volumen 2, Greenhouse Gas Emissions. US Department of Energy, 1994.

EA, 2003. "Toxic Emissions from Diesel Vehicles in Australia", Anyon et al, Parsons Australia Pty Ltd, for the Federal Department of Environment and Heritage, mayo de 2003.

EETP, 2004. EETP: "European Emission Test Programme", Final report. N. Jeuland, X. Montagne Institut Francais du Petrole, febrero de 2004.

Ezzati M et al 2000. Comparison of Emissions and Residential Exposure from Traditional and Improved Cookstoves in Kenya. Ezzati, M., Mbinda, B., Kammen, D., enero de 2000.

Holland M et al 2005. Damages per tonne emission of PM_{2.5}, NH₃, SO₂, NO_x and VOCs from each EU25 Member State. Mike Holland, Steve Pye, Paul Watkiss, Bert Droste-Franke, Peter Bickel, AEA Technology Environment, marzo de 2005.

Kunzli et al 2000. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. Kunzli, N., Kaiser, R., Medina, S., Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Henry, M., Horak, F., Puybonnieux-Texier, V., Quenel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J.-C., and Sommer, H. *The Lancet*, vol 356, septiembre de 2000, pp 795-801.

NAS 1997. Medical and Biological Effects of Environmental Pollutants - Nitrogen Oxides. National Academy of Sciences, 1997. ISBN 0-309-02615-6.

NPI 2000. Emissions estimation technique manual, National Pollution Inventory. Department of Conservation and Heritage, Canberra, Australia, 2000.

Park 2003. Particulate exposure and size distribution from wood burning stoves in Costa Rica. E. Park, K. Lee. : Indoor Air, 2003, vol. 13.

Pope, 2009. "Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States." C. A. Pope, M. Ezzati, and D. W. Dockery, New England Journal of Medicine, volumen 360:376-386, 22 de enero de 2009.

Rabl A. and Spadaro V. 2000. Health Costs of Automobile Pollution. Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique, vol. 40(1), 55-59 (2000).

Ricardo et al 2001. Particulate Research Programme 1998-2001. Ricardo Engineering Ltd, DETR, SMMT, CONCAWE, mayo de 2001.

Shima and Adachi 2000. Effect of outdoor and indoor nitrogen dioxide on respiratory symptoms in schoolchildren. Shima M and Adachi M, International Journal of Epidemiology 29:862-870.

Smith K 2004. Indoor air pollution from household use of solid fuels: comparative quantification of health risks. K Smith, S Mehta, M Maeusezahl-Feuz, 2004.

Smith KR 2005. Health impacts of household fuelwood use in developing countries. Smith, K.R. University of California, Berkeley, 2005.

US EPA 1991. Non-road Engine and Vehicle Emission Study - Report. United States Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, noviembre de 1991.

US EPA 1993. U.S. EPA/Office of Air and Radiation. "The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality". Web document EPA 402-K-93-007.

US EPA 1994. Fact Sheet OMS-2, EPA 400-F-92-004. [Online]

US EPA undated. Air Emissions Sources: Sulphur Dioxide
www.epa.gov/air/emissions/so2.htm.

VPI 2009. Transportation Cost and Benefit Analysis. Victoria Transport Policy Institute Victoria, BC: Web, 2009.

WHO 2005-1. "European Union can save up to € 161 billion a year by reducing air-pollution deaths" Media Release, WHO Media Centre, 14 de abril de 2005.

WHO 2005-2. "Air quality guidelines-global update 2005".
www.euro.who.int/document/e87950.pdf

WHO, 2005-3. "Indoor Air Pollution and Health", World Health Organization, Fact sheet N° 29, junio de 2005.

WHO, 2006. "Fuel for life: household energy and health". ISBN 92 4 156316 8, World Health Organization, 2006.

Winebrake, 2000. "Fuel-Cycle Emissions for Conventional and Alternative Fuel Vehicles: An Assessment of Air Toxics"; Winebrake, J.J.; Wang, M.; He, D. Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory: Argonne, IL, agosto de 2000.

World Bank 2002. Extract from World Bank report "Cities on the Move: Transport and the Urban Environment", 2002.

11 Glosario de los Términos

Aerosoles: Partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera (vea también Materia Particulada, PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0}). Partículas generadas por la combustión de combustibles fósiles y biomasa siendo muy peligrosas para la salud humana. Ellas pueden ser inhaladas hasta los tejidos más sensibles de los pulmones y están fuertemente ligadas a enfermedades respiratorias y cardíacas, cánceres y, posiblemente, disturbios neurológicos.

Tóxicos del Aire: También llamados de **contaminantes peligrosos del aire**, son aquellos contaminantes reconocidos, o sospechosos, como causadores de cáncer o de otros efectos graves sobre la salud, como, por ejemplo, efectos reproductivos, o defectos de nacimiento o efectos ambientales adversos. La US EPA lista 187 contaminantes como "Tóxicos del Aire". A pesar de que esas sustancias químicas son reconocidas como extremadamente peligrosas para los seres humanos, varias de ellas existen solamente en concentraciones extremadamente bajas en el aire ambiente, tornando difícil la caracterización de la toxicidad de las mismas con cualquier grado de certidumbre. La US EPA posiciona el benceno, el 1,3-butadieno, compuestos aromáticos policíclicos (HAPs), el tolueno y los xilenos como los tóxicos del aire con mayor potencial para causar daños a la salud humana.

Biomasa: Material orgánico, especialmente materia vegetal, que puede ser convertido en combustible y es, por tanto, visto como fuente de energía en potencial.

Dióxido de carbono (CO₂): El CO₂ es un gas incoloro, inodoro y no venenoso normalmente existente en la atmósfera. Toda vida vegetal "respira" CO₂ y, después de extraer el carbono para su crecimiento, exhala oxígeno puro, el cual, a su vez, es esencial para la vida humana. (vea también Gases del Efecto invernadero).

Monóxido de carbono: Es un gas incoloro, inodoro, insípido, pero altamente tóxico. Sus moléculas son formadas por un átomo de **carbono** en un enlace covalente con un átomo de oxígeno. El monóxido de carbono puede provocar efectos perjudiciales para la salud al reducir el suministro de oxígeno para los órganos del cuerpo (como corazón y cerebro) y para los tejidos.

Concentración: En el contexto de este documento, es un número que especifica la cantidad de contaminante gaseoso contenida en un volumen de aire definido como, por ejemplo: miligramos por metro cúbico (mg/m³) o partes por millón por volumen (ppmv).

Diesel: Destilado de petróleo usado como combustible en motores de ignición por compresión, caracterizados por la ignición bajo la influencia de un aumento elevado y rápido de presión y no por la ignición por chispa.

Combustible fósil: Cualquier material orgánico combustible, como petróleo, carbón o gas natural, derivado de remanentes de formas vivas.

Gasolina: Mezcla líquida volátil e inflamable de hidrocarburos, refinada a partir del petróleo y usada como combustible para motores de combustión interna con ignición por chispa.

Gases del Efecto invernadero (GHG): Incluyen vapor de agua, dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, hidrofluorocarburos (HFCs), perfluorocarburos (PFCs) y hexafluoruro de azufre. Esos gases permiten la entrada en la atmósfera de la tierra de radiación solar con longitud de onda corta, pero bloquean la radiación solar con longitud de onda mayor emitida por la tierra. Concentraciones elevadas de esos gases pueden resultar en un aumento en la media de las temperaturas ambientales (calentamiento global).

Contaminantes Peligrosos del Aire (Hazardous Air Pollutant - HAP): Vea Tóxicos del Aire.

Hidrocarburos (HC): Son compuestos que contienen solamente átomos de hidrógeno y carbono. Ellos están presentes en el aire tanto como gases naturalmente ocurrentes como provenientes del producto de la combustión incompleta de combustibles a base de carbono. Los hidrocarburos también están incluidos en la categoría general de los compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

Queroseno: Mezcla de hidrocarburos líquidos obtenidos por medio de la destilación del petróleo, xisto betuminoso o asemejados. Es ampliamente utilizado como combustible, solvente para limpieza, etc.

Plomo (Pb): Es un metal venenoso que puede causar daños a las conexiones nervosas (especialmente en niños pequeños) y provocar disturbios de la sangre y del cerebro. Por causa de su baja reactividad y solubilidad, el envenenamiento por plomo normalmente ocurre solamente en los casos en que el mismo es dispersado, como vía escape de vehículos que usan combustible conteniendo compuestos de plomo para mejoría del octanaje. Los efectos del plomo son los mismos independientemente de haber entrado en el cuerpo a través de la respiración o por deglución. El plomo puede afectar casi todos los órganos y sistemas del cuerpo, pero el principal blanco es el sistema nervioso. La exposición a niveles elevados de plomo puede dañar gravemente el cerebro y los riñones de adultos o niños, y llevar en última instancia a la muerte.

Gas Licuado de Petróleo (Gas LP): es el nombre genérico para mezclas de hidrocarburos gaseosos, principalmente el propano y el butano (a pesar de que pequeñas cantidades de otros compuestos, como propileno y butilenos, pueden también estar presentes en la mezcla). Dependiendo del clima y de la disponibilidad, el Gas LP puede ser hecho a partir de propano, butano, o de una variedad de mezclas diferentes de esos gases. Cuando ligeramente comprimidos (hasta aproximadamente 800 kPa o 120 psi), los gases pasan del estado gaseoso para el estado líquido.

Metano: Es un gas (**CH₄**) producido naturalmente a partir de la descomposición de materia fósil, vegetación y biomasa. Es el principal componente del "gas natural". El metano es un gas del efecto invernadero muy poderoso cuando liberado en la atmósfera - un kilo de metano posee el mismo potencial de calentamiento global que 21 kilos de dióxido de carbono. La definición de metano debe ser alineada con aquella del Gas LP licuado bajo una presión elevada o temperatura muy baja.

Gas Natural: Una mezcla combustible de hidrocarburos gaseosos que se acumula en rocas porosas sedimentarias, especialmente aquellas que producen petróleo, comprendiendo normalmente más de 80 por ciento de **metano** conjuntamente con cantidades menores de etano, propano, butano, nitrógeno. El gas natural también es conocido en todo el mundo con el nombre "comercial" de metano. Él puede ser transportado y almacenado tanto como gas comprimido (GNC) o en el estado licuado (GNL).

Óxidos de nitrógeno (NOx): Son una combinación de gases altamente reactivos. El dióxido de nitrógeno (NO₂), y el óxido nítrico (NO) son producidos cuando el combustible es quemado a temperaturas altas. Niveles elevados de óxidos de nitrógeno pueden causar niebla seca (smog) y lluvia ácida. El óxido nitroso (N₂O) es un gas del efecto invernadero extremadamente poderoso al ser liberado en la atmósfera - un kilo de N₂O posee el mismo potencial de calentamiento global que cerca de 420 quilos de dióxido de carbono.

Materia Particulada (PM): Es una mezcla de partículas sólidas y gotículas líquidas suspendida en el aire. Una alta proporción de esas partículas es extremadamente pequeña, la mayor parte es inferior a 10 micrones (cerca de 10 veces menor que el espesor de un cabello humano). Las menores partículas pueden llegar a tener un diámetro de apenas 10 nanómetros (0,00001 mm) - lo que es cerca de 10.000 veces menor que el espesor de un cabello humano.

PM_{1.0}: Partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 1 micrón (0,001 mm). La mayor parte de las partículas en el escape de motores de combustión interna y dispositivos de calefacción doméstica es incluida en la categoría PM_{1.0} o menor.

PM₁₀: Partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 micrones (0,01 mm)

PM_{2.5}: Partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 2.5 micrones (0,0025 mm)

Dióxido de azufre (SO₂): Consiste en un átomo de azufre enlazado a dos átomos de oxígeno y normalmente es emitido por medio de la combustión de combustibles que llevan azufre, tales como carbón, diesel y gasolina. Las erupciones volcánicas son una gran fuente natural de ese contaminante. El mismo está ligado a la incidencia de asma y de otras enfermedades respiratorias en humanos, y puede reaccionar con otros productos químicos en la atmósfera y causar lluvias ácidas.

Compuestos orgánicos volátiles (VOC): varias definiciones son usadas en todo el mundo, la usada en este estudio hace referencia a compuestos que contienen por lo menos un átomo de carbono, excluyendo el monóxido de carbono y el dióxido de carbono, que se evaporan rápidamente hacia la atmósfera. Grandes fuentes de emisión de VOC son las emisiones de escape provenientes de automóviles y camiones, solventes utilizados en productos como artículos de limpieza y pinturas.