

**DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA**

**Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección del
Ambiente - DEEPA**

**INVENTARIO DE EMISIONES
CUENCA ATMOSFERICA DE
LA CIUDAD DE LA OROYA**



NOVIEMBRE, 2005

INDICE
Inventario de Emisiones de la
Cuenca Atmosférica de la ciudad de La Oroya

	Pàg.
1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. DELIMITACION GEOGRAFICA Y POBLACIÓN	02
4. METODOLOGÍA	03
4.1 Consideraciones específicas en Fuentes Fijas	03
4.2 Consideraciones específicas en Fuentes Móviles	04
5. PROCEDIMIENTO	04
5.1 Tipos de Fuentes Emisoras	04
5.1.1 Fuentes Fijas	05
5.1.2 Fuentes Móviles	06
5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras	06
5.2.1 Fuentes Fijas	06
5.2.2 Fuentes Móviles	11
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	19
5.3.1 Fuentes Fijas	19
5.3.2 Fuentes Móviles	21
5.4 Determinación del Tamaño Muestral	24
5.4.1 Fuentes Fijas de Area	24
5.4.2 Fuentes Móviles	25
5.5 Estimación de Emisiones	26
5.5.1 Emisiones Anuales	26
5.5.2 Emisiones por Contaminante	34
6. CONCLUSIONES	45
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de La Oroya

1. Introducción

En el contexto de las actividades de gestión ambiental en el país, se publicó en el año 2001 el D.S. N° 074-2001-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire, el cual tiene por objetivo principal proteger la salud de la población, a través de estrategias para alcanzar los estándares progresivamente.

El diagnóstico de línea base constituye uno de los elementos del proceso de aplicación de los estándares, y tiene por finalidad evaluar de manera integral la calidad del aire en una zona y sus impactos sobre la salud y el ambiente, a través de estudios específicos como el monitoreo de la calidad del aire, inventario de emisiones y estudios epidemiológicos, siendo así la base para la toma de decisiones correspondientes a la elaboración de los Planes de Acción y manejo de la calidad del aire a nivel local.

Un indicador de la calidad del aire lo constituye el consumo de energéticos empleados en los sectores productivos y el transporte, y también en el sector comercial y de servicios, ya que en su mayoría los contaminantes emitidos a la atmósfera son el resultado de la combustión de diferentes tipos de combustibles fósiles.

En ese sentido, la identificación de las fuentes que emiten contaminantes a la atmósfera se vuelve una actividad importante y a la vez compleja, que demanda la instrumentación y aplicación de métodos que permitan estimar el tipo y la cantidad de los contaminantes emitidos. Un instrumento importante en esta tarea lo constituye el inventario de emisiones, mediante el cual es posible identificar tanto a las fuentes emisoras, como el tipo y cantidad de contaminantes generados como resultado de la realización de procesos industriales y otras actividades específicas.

Este primer inventario de emisiones a nivel local elaborado con la participación interinstitucional a través de los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Aire – Gesta's Zonales, incorpora tanto las emisiones procedentes de fuentes fijas (puntuales y de área) como móviles referidas a la cuenca atmosférica delimitada en cada una de las trece Zonas de Atención Prioritaria del país, según lo establece el D.S. N° 074-2001-PCM.

Es importante indicar que la elaboración de inventarios de emisiones constituye un proceso complejo y de constante actualización, por lo tanto es "dinámico". Los resultados que forman parte del presente documento reflejan la situación existente al año 2000.

2. Objetivo

Elaborar el Primer Inventario Local de Emisiones para la cuenca atmosférica de la ciudad de La Oroya, con la finalidad de contar con información sobre la situación del aporte de contaminantes a la atmósfera de los diferentes giros industriales, sectores comerciales y de servicios, así como del sector transportes, y que asimismo constituya una herramienta de apoyo para la evaluación de las medidas y estrategias del Plan "A Limpiar el Aire".

3. Delimitación Geográfica y Población

Un elemento importante en la planeación de un inventario de emisiones, es definir los límites geográficos del área que éste cubrirá. Esta área por lo general se define con base en los problemas de contaminación atmosférica que se presentan en una región.

Debido a la configuración geográfica de la ciudad de La Oroya, el inventario de emisiones integra los distritos de La Oroya y Santa Rosa de Sacco, cuya cobertura poblacional se indica a continuación:

Distrito	Población
La Oroya	30533
Santa Rosa de Sacco	12982
Total Cuenca Atmosférica	43525 habitantes

4. Metodología

El presente inventario de emisiones de tanto de fuentes fijas como móviles, fue desarrollado principalmente con la aplicación de la metodología de "Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire – Técnicas para el Inventario Rápido de la Contaminación Ambiental" de Alexander P. Economopoulos, traducido y publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS de la Organización Mundial de la Salud, la cual en adelante se denominará Metodología OMS.

Este método permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una determinada área de estudio, mediante la aplicación de factores de emisión basados en experiencias previas (medición) sobre la naturaleza y cantidad de contaminantes generados, con y sin sistemas de control.

Cada factor de emisión se define como la carga normalizada liberada de un contaminante expresada en kilogramos por unidad de actividad que caracteriza a la fuente de emisión.

4.1 Consideraciones Específicas en Fuentes Fijas

Para aquellos casos particulares en que no se dispuso de factores de emisión específicos en la metodología OMS, se empleó la metodología indicada a continuación:

- *Pollerías con quema de carbón vegetal :*
"Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón)". Preparado por Suh Y. Lee por contrato de la EPA Nº 68-D4-005. Air Pollution Prevention and Control Division.
- *Emisiones Fugitivas por Procesamiento de Cobre*
Factores de Emisión del Source Code Classification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México. SCC-3331.

El parámetro partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10) no se encuentra incorporado dentro de los contaminantes posibles de calcular en la metodología OMS, por lo cual fue necesario recurrir a la metodología de Factores de Emisión del Source Code Classification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.

Sin embargo, los factores de emisión no fueron aplicados directamente, a fin de no emplear una metodología diferente a la correspondiente a los demás contaminantes, decidiéndose definir porcentajes de aporte de PM-10 en el total de partículas en suspensión, en función a los factores de emisión. Estos porcentajes fueron aplicados a los resultados obtenidos mediante la estimación realizada por la metodología OMS.

El detalle de los porcentajes de presencia de partículas menores a 10 micras en el total del particulado en suspensión, para cada proceso productivo, se encuentra en la Guía para Estimación de PM-10.

En los casos en que se dispuso de información de los monitoreos de emisiones realizados por la empresa, a requerimiento de su autoridad competente, esta información fue utilizada de manera preferencial, considerando que la carga de emisión es estimada en base a las concentraciones de contaminantes y los caudales de descarga de las chimeneas.

4.2 Consideraciones Específicas en Fuentes Móviles

La metodología OMS tampoco permite determinar las emisiones de PM-10 procedentes de las fuentes móviles, por lo cual bajo el mismo concepto indicado anteriormente, se recurrió al documento siguiente:

California Environmental Protection Agency. Air Resource Board. Public Meeting to consider Approval of Revisions to the State's on-road Motor Vehicle Emissions Inventory. Technical Support Document. May 2000 (4.12).

En este documento se especifica la fracción de partículas en el particulado total, siendo nuestro interés el PM-10, según se indica:

Componente	Fracción < 10 micras
Escape de vehículos a gasolina con catalizador, usando combustible sin plomo	0.97
Escape de vehículos a gasolina sin catalizador, usando combustible sin plomo	0.90
Vehículos Diesel	1.00

Estos porcentajes fueron aplicados a las emisiones unitarias según el tipo de vehículo.

5. Procedimiento

5.1 Tipos de Fuentes Emisoras

Para el propósito de este inventario de emisiones, las fuentes han sido agrupadas como se indica a continuación:

- Fuentes Puntuales : sector industrial e institucional
- Fuentes de Area : sector comercial, de servicios y municipal
- Fuentes Móviles : automóviles, camionetas, camiones, ómnibus, remolcadores, vehículos menores

Fuentes Puntuales: Se define como una fuente puntual a toda instalación establecida en un lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales o actividades que puedan generar emisiones contaminantes significativas a la atmósfera, por ejemplo se puede citar a las fundiciones primarias, refinerías, industrias de alimentos y otros.

Fuentes de Area: Son todos aquellos establecimientos o lugares donde se desarrollan actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente pequeñas de contaminantes, pero que en conjunto sus emisiones representan un aporte considerable de contaminantes a la atmósfera y que no llegan a considerarse como fuentes puntuales. En esta categoría se incluyen la mayoría de los establecimientos comerciales y de servicios, como por ejemplo las panaderías, talleres de carpintería, grifos y otros.

Fuentes Móviles: Son todos los vehículos automotores que transitan por vías de circulación como calles, carreteras, caminos y avenidas. Como ejemplo se pueden mencionar a los automóviles, camionetas pick up, vehículos de carga, autobuses y motocicletas.

De acuerdo a la evaluación realizada por los miembros del Gesta Zonal de Aire de la ciudad de La Oroya, las categorías de fuentes existentes en el ámbito geográfico delimitado son las siguientes:

5.1.1 Fuentes Fijas

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente	
1	Actividades minero-metalúrgicas	Fundición Polimetálica	-	Puntual	
2	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	Area	
3			Restaurantes	Area	
4			Chicharronerías	Area	
5			Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
6			Suministro de vapor y agua caliente	Duchas-sauna	Area
7	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area	

Estas totalizan una categoría de fuente puntual y 06 categorías de fuentes de área.

5.1.2 Fuentes Móviles

Nº	Estrato	Tipo
1	Automóvil	Particular
2		Servicio público
3	Station Wagon	Particular
4		Servicio público
5	Camioneta Pick Up	-
6	Camioneta Rural	Particular
7		Servicio Público
8	Camioneta Panel	-
9	Ómnibus	< 24 asientos
10		> 24 asientos
11	Camión	< 5 Toneladas
12		> 5 Toneladas
13	Remolcador	-
14	Remolque-Semiremolque	-
15	Vehículos Menores	-
16	Tren	-

5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

5.2.1 Fuentes Fijas

El inventario de fuentes fijas de la ciudad de La Oroya se caracteriza por incluir una única categoría de fuente puntual correspondiente a la actividad minera, y un mayor número de categorías de fuentes de área, las cuales se describen a continuación:

Fundición Polimetálica

Tiene por finalidad el refinamiento y procesamiento específico de concentrados minerales para la obtención de metales de manera especializada según el tipo de metal que se trate. A continuación se describen los tres principales circuitos de procesamiento de la Fundición Polimetálica:

Producción de Cobre Refinado

- *Preparación – Tostación* : Los concentrados son recepcionados, pesados y analizados para luego ser mezclados con fundentes (cal, sílice) que previamente son sometidos a molienda para su homogenización. En el proceso de tostación, la mezcla obtiene condiciones necesarias de temperatura y pierde materiales volátiles de azufre, como SO₂ y trióxido de arsénico.

- *Fundición de Cobre* : El material tostado (calcina) es transportado al horno reverbero para la obtención de una mata rica en sulfuros de cobre y fierro y una escoria. La mata fundida en estado líquido es llevada a los reactores de conversión para eliminar mediante soplado con aire y el uso de fundentes, el fierro y azufre presentes, obteniéndose un cobre metálico (blíster), el cual es transferido a hornos de retención para ser moldeado en forma de ánodos.
- *Refinería de Cobre* : Se desarrolla una refinación electrolítica que permite obtener cobre catódico de 99.98% de pureza.

La producción de cobre para el año 2000 se muestra a continuación:

Año	Material Tratado (Ton/año)	Cobre Refinado (Ton/año)
2000	394276.3	65910.6

Producción de Plomo Refinado

- Preparación de Lechos de Fusión – Aglomeración : Los concentrados son pesados, muestreados para que junto con los fundentes (cal, sílice) formar una mezcla homogénea, la cual se quema en la etapa de aglomeración para remover el azufre bajo la forma de gas SO₂. Se obtiene como resultado una masa porosa llamada sínter.
- Fundición de Plomo : Los hornos de fusión reciben la mezcla de sínter y coque metalúrgico, que proporciona energía para fundir los materiales y producir el plomo de obra y la escoria. El plomo pasa a un proceso de eliminación de cobre (decoperizado) y posteriormente es moldeado en forma de ánodos.
- Refinería de Plomo : El plomo decoperizado es refinado electrolíticamente en un baño de ácido fluor-sílico para producir plomo de 99.99% de pureza.

La producción de plomo para el período 1998 - 2002 se muestra a continuación:

Año	Plomo Refinado (Ton/año)
1998	108475.0
1999	111287.2
2000	119516.9
2001	121185.5
2002	119599.8

Producción de Zinc Refinado

- Tostación : En dos tipos de tostadores se elimina gran parte del azufre de los concentrados como SO₂ y proporcionan un óxido de zinc (calcina) que es tratado en la etapa de lixiviación.

- Lixiviación : Tiene por objeto disolver el zinc presente en la calcina con electrolito gastado, para obtener un filtrado de dos productos: una solución de sulfato de zinc para purificarlo y un residuo. La purificación consiste en tratar la solución de sulfato de zinc impuro con polvo de zinc para eliminar componentes como cobre, cadmio, arsénico y antimonio, obteniéndose una solución pura para la Casa de Celdas.
- Electrodeposición de Zinc – Casa de Celdas : El zinc es deslaminado y enviado al área de fusión (hornos de inducción), de donde se transfiere a la máquina moldeadora.

La producción de zinc para el período 1998 - 2002 se muestra a continuación:

Año	Zinc Refinado (Ton/año)
1998	69567.4
1999	68367.2
2000	71568.9
2001	79401.0
2002	76919.4

En general, la Fundición Polimetálica produce 11 metales y 9 subproductos, que se indican a continuación:

- Productos : Zinc, plomo, cobre, plata, oro , bismuto, cadmio, indio, telurio, antimonio, selenio.
- Sub productos : polvo de zinc, ácido sulfúrico, óleum, trióxido de arsénico, sulfato de cobre, sulfato de zinc, concentrados de Zn-Ag, óxido de zinc, bisulfato de sodio.
- Aleaciones : plomo/antimonio, plomo/calcio, zamac.

Otras instalaciones de importancia

La Fundición Polimetálica cuenta con un sistema de ductos y Planta Cottrell Central que recupera el material particulado emitido en los gases de los hornos, como sistema de control de emisiones.

Además, los gases sulfurosos producidos en la operación de tostación de zinc son enviados a una Planta de Acido, donde son limpiados y convertidos en ácido sulfúrico líquido (50 000 ton/año). Este ácido es empleado parcialmente en sus instalaciones y la diferencia se vende a la industria nacional.

Pollerías

Se identificó un uso compartido de carbón y leña en las pollerías, según se indica a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón	82	1.6
Leña	71	7.6
Gas Licuado de Petróleo	6	0.4

El porcentaje excedente es debido a que existe un uso combinado de combustibles, según se indica:

Tipo de combustible	% Establecimientos
Leña / Carbón	53
GLP /Carbón	6

Restaurantes

A diferencia de las pollerías, en los restaurantes predomina el empleo del gas doméstico y combustibles líquidos, tal como se muestra a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Gas Licuado de Petróleo	88	0.97
Kerosene	82	3.02

En su mayoría (71%), estos establecimientos emplean los dos tipos de combustibles.

Chicharronerías

De manera general, las chicharronerías se abastecen de kerosene, teniendo como combustible secundario el gas doméstico:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Gas Licuado de Petróleo	50	0.18
Kerosene	100	1.89

El 50% de estos establecimientos emplean los dos tipos de combustibles.

Panaderías

De manera atípica, las panaderías de La Oroya utilizan como combustibles principalmente el kerosene y el petróleo Diesel 2, y en un menor porcentaje la leña:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Kerosene	50	5.4
Diesel 2	50	5.9
Leña	29	14.6

Como sucede en todos los casos, se emplean en algunos establecimientos dos tipos de combustibles, según se indica:

Tipo de combustible	% Establecimientos
Kerosene / Diesel 2	7
Leña / Diesel 2	14
Leña / Kerosene	7

Duchas-Sauna

Constituyen una fuente característica de la cuenca atmosférica de La Oroya, aunque sólo se disponen de seis establecimientos. Su operación consiste en la generación de vapor con el empleo de calderos, que emplean como combustibles los siguientes:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	100	19.6
Kerosene	20	0.6

Nótese que existe un porcentaje de establecimientos superior al 100%, debido a que se produce el uso combinado de los dos combustibles en un 20%.

Grifos

Existen 10 establecimientos de venta al por menor de combustibles en la cuenca atmosférica de La Oroya, los cuales expenden gasolinas de 84, 90 y 97 octanos, así como petróleo Diesel y kerosene, con sistemas no controlados y carga de tanques por chorro y sumergida. Cabe indicar que sólo el 25% de los grifos expende gasolina de 97 octanos.

Los volúmenes promedio comercializados se indican a continuación:

Tipo de Combustible	Volumen Promedio Comercializado (Gal/mes)
Gasolina 84	8616
Gasolina 90	6852
Gasolina 97	10500
Diesel 2	13593
Kerosene	5241

Para efectos de estimación de emisiones sólo se emplea la información referida a gasolinas.

5.2.2 Fuentes Móviles

En la ciudad de La Oroya se han identificado dos grandes grupos de fuentes móviles:

- Transporte Urbano
- Transporte Interprovincial

Estas serán caracterizadas de manera independiente en función a la información recopilada en las encuestas resultado de un muestreo aleatorio.

Automóviles

Existen 711 automóviles (entre particulares y taxis) para el año 2000 que forman parte de la cuenca atmosférica de La Oroya, cuya distribución es la siguiente:

Tipo de Transporte	Nº Unidades	%	Tipo de Servicio	Nº Unidades	%
Urbano	239	34	Particular	135	56
			Taxi	104	44
Interprovincial	472	66	Particular	300	64
			Taxi	172	36

Las características específicas del parque automotor diferenciado se detallan a continuación:

Transporte Urbano

Característica	Categorías	% Automóviles
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	7
	1981 - 1990	27
	1991 - 2000	67
Cilindrada	< 1400	10
	1400 - 2000	90
	> 2000	0

Según se aprecia, predominan los vehículos de la década del 90', con cilindraje hasta 2000 cc, no mayor.

En relación a la operación de los automóviles de transporte urbano, se tiene que en su mayoría utilizan gasolina de 84 y 90 octanos, en las proporciones indicadas a continuación:

Característica	Categorías	% Automóviles
Tipo de Combustible	Diesel 2	8
	Gas 84	45
	Gas 90	40
	Gas 95	2
	Gas 97	3
	GLP	2
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	18
	20 - 80 Km/día	32
	80 - 200 Km/día	17
	> 200 Km/día	33

En promedio un automóvil de transporte urbano en la ciudad de La Oroya recorre 120 Km/día o 43891 Km/año, principalmente porque existe un 33% de ellos que poseen un alto recorrido diario (> 200 Km).

Transporte Interprovincial

Característica	Categorías	% Automóviles
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	0
	1981 - 1990	18
	1991 - 2000	82
Cilindrada	< 1400	24
	1400 - 2000	74
	> 2000	2

En el transporte interprovincial se tiene una mayor predominancia de vehículos posteriores a 1990 con un 82%, mientras que el transporte urbano se tenía 67%.

Asimismo, se aprecia un mayor uso de gasolinas de 90 octanos y diesel. Debe destacarse que los automóviles de circulación interprovincial son principalmente particulares.

Característica	Categorías	% Automóviles
Tipo de Combustible	Diesel 2	34
	Gas 84	10
	Gas 90	46
	Gas 95	10

El recorrido de los automóviles interprovinciales (y demás unidades en la categoría interprovincial) está referido tanto a los viajes que tienen como destino La Oroya, así como aquellos de paso por la ciudad, como se indica a continuación:

Ruta	Recorrido (Km/día) (*)
Lima - La Oroya	11.5
C. de Pasco-La Oroya	2.5
Huancayo-La Oroya	1.5
Lima - Cerro de Pasco	14
Huancayo-Lima	13
Huancayo-C.de Pasco	4

(*) Corresponde al recorrido dentro de la cuenca atmosférica de la ciudad.

Station Wagon

En menor cantidad que los automóviles, los station wagon totalizan 572 unidades distribuidas como se indica:

Tipo de Transporte	Nº Unidades	%	Tipo de Servicio	Nº Unidades	%
Urbano	312	55	Particular	96	31
			Taxi	216	69
Interprovincial	260	45	Particular	159	61
			Taxi	101	39

Se aprecia que en la zona urbana los station wagon son principalmente taxis (69%), contrariamente a lo que ocurre en el transporte interprovincial en que un 61% son de uso particular.

De otro lado, debe notarse que existen en la zona urbana más unidades station wagon que automóviles.

Transporte Urbano

De acuerdo con la encuesta realizada, predominan los vehículos station wagon del período 1991 – 2000, con cilindraje entre 1400 a 2000 cc.

Característica	Categorías	% Station Wagon
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	0
	1981 - 1990	13
	1991 - 2000	87
Cilindrada	< 1400	0
	1400 - 2000	96
	> 2000	4

Estas unidades emplean principalmente el Diesel 2 como combustible (51%), aunque también la Gasolina de 90 octanos que correspondería al uso en unidades particulares.

El recorrido promedio de los station wagon es 147 Km/día, superior al recorrido medio de los automóviles.

Característica	Categorías	% Station Wagon
Tipo de Combustible	Diesel 2	51
	Gas 84	9
	Gas 90	37
	Gas 95	1
	GLP	1
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	22
	20 - 80 Km/día	10
	80 - 200 Km/día	31
	> 200 Km/día	37

Transporte Interprovincial

Sus características físicas y operativas son como se detalla a continuación:

Característica	Categorías	% Station Wagon
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	0
	1981 - 1990	22
	1991 - 2000	78
Cilindrada	< 1400	13
	1400 - 2000	87
	> 2000	0

Característica	Categorías	% Station Wagon
Tipo de Combustible	Diesel 2	57
	Gas 84	13
	Gas 90	26
	Gas 95	4

El recorrido promedio está determinado en función a las rutas señaladas para los automóviles, siendo 2829 Km/año.

Camionetas

Dentro de esta categoría existen tres clasificaciones:

- Camionetas Pick Up
- Camionetas Rurales
- Camionetas Panel

Estas unidades circulan tanto a nivel urbano como interprovincial, siendo sus características las siguientes:

Característica	Categorías	Régimen Urbano			Régimen Interprovincial		
		% Pick Up	% Rural	% Panel	% Pick Up	% Rural	% Panel
Año de Fabricación	< 1970	0	2	0	0	0	0
	1970 - 1980	0	0	0	0	8	17
	1981 - 1990	23	41	80	24	46	33
	1991 - 2000	77	57	20	76	46	50
	< 1400	2	7	0	9	0	17
Cilindrada	1400 - 2000	17	2	0	65	92	67
	> 2000	81	91	100	26	8	17
	Diesel 2	45	80	20	41	100	50
Tipo de Combustible	Gas 84	6	15	80	18	0	17
	Gas 90	6	2	0	32	0	0
	Gas 95	0	0	0	9	0	33
	Gas 97	43	2	0	0	0	0
	< 20 Km/día	9	0	40	9.8	7.8	7.8
20 - 80 Km/día	77	11	60				
80 - 200 Km/día	13	83	0				
> 200 Km/día	2	7	0				

Nótese que en las camionetas pick up y rural no existen diferencias significativas en relación a su distribución por antigüedad. En las camionetas panel de circulación urbana se tiene que predominan las unidades de la década del 80', mientras que a nivel interprovincial las del 90'.

En relación al cilindraje, las camionetas de circulación urbana poseen más 2000 cc, a diferencias de las del régimen interprovincial que se encuentran entre 1400 – 2000 cc.

En su mayoría el combustible empleado es el Diesel con una única excepción en las camionetas panel urbanas que tienen un uso del 80% de gasolina de 84 octanos.

En el caso de las camionetas de régimen interprovincial el recorrido promedio ha sido determinado en función a las rutas de paso por La Oroya dentro del espacio geográfico de la cuenca atmosférica.

Ómnibus

La distribución de los ómnibus en la cuenca es como se indica:

Tipo de Transporte	Nº Unidades	%	Tipo de Unidad	Nº Unidades	%
Urbano	59	10	<= 24 asientos	56	95
			> 24 asientos	3	5
Interprovincial	504	90	<= 24 asientos	56	11
			> 24 asientos	448	89

Se aprecia que en un 90% están concentrados en la circulación interprovincial por ser La Oroya una ciudad de paso hacia y desde Huancayo, Lima y Cerro de Pasco.

Transporte Urbano

Predominan los ómnibus con menos de 24 asientos, los que tienen un recorrido promedio diario de 234 Km (servicio público) y consumen principalmente el Diesel 2 como combustible.

Categorías	Recorrido Promedio		Tipo de Combustible	
	Km/Día	Km/año	Diesel	Gas 84
<= 24 asientos	234	85288	88 %	12 %
> 24 asientos	18	6570		

Transporte Interprovincial

En el transporte interprovincial por el contrario, predominan los ómnibus grandes (> 24 asientos) abastecidos por Diesel en un 98%.

Categorías	Recorrido Promedio		Tipo de Combustible	
	Km/año		Diesel, %	Gas 84, %
<= 24 asientos	2449		98 %	2 %
> 24 asientos	4203			

Camiones

Los camiones se clasifican de la manera siguiente:

Tipo de Transporte	Nº Unidades	%	Tipo de Unidad	Nº Unidades	%
Urbano	114	11	< 5 Ton	44	39
			> 5 Ton	70	61
Interprovincial	959	89	< 5 Ton	446	47
			> 5 Ton	513	53

Se aprecia que en un 89% corresponden al régimen de circulación interprovincial, con una distribución casi equitativa entre los menores a 5 toneladas y los mayores a este peso.

Transporte Urbano

Categorías	Recorrido Promedio		Tipo de Combustible	
	Km/Día	Km/año	Diesel, %	Gas 84, %
< 5 Ton	75	27314	74	26
> 5 Ton	79	28720		

No se aprecia mayor diferenciación en el recorrido promedio de los camiones, independientemente que sean < ó > a 5 Ton (75 – 79 Km/día).

Transporte Interprovincial

Los camiones interprovinciales en general poseen un recorrido promedio de 3338 Km/año y emplean mayoritariamente como combustible el Diesel 2 (96%).

Remolcadores

Se tienen menos unidades urbanas de remolcadores (sólo 4%), mientras que en el transporte interprovincial 326 unidades que representan el 96%.

Tipo de Transporte	Nº Unidades	%	Recorrido Promedio, Km/año	Tipo de Combustible	
				Diesel, %	Gas 84, %
Urbano	14	4	5019	100	0
Interprovincial	326	96	3503	94	6

Remolque - Semiremolque

Sólo se identificaron 163 unidades en el transporte interprovincial, siendo su combustible únicamente el Diesel 2 con un recorrido promedio de 2829 Km/año dentro de los límites de la cuenca atmosférica.

Vehículos Menores

Es mínima la cantidad de vehículos menores identificadas en la cuenca, sólo 4 unidades en el transporte urbano y 3 en el transporte interprovincial, siendo su combustible la Gasolina de 84 octanos.

Tren (Locomotora)

Algunos de los recorridos realizados por las locomotoras se indican a continuación:

Origen	Destino	Recorrido Promedio, Km
Lima	La Oroya	11.5
Fundición	Huaymanta	2
La Oroya	Lima	11.5
Huaymanta	Fundición	2
Huaymanta	La Oroya	2

El combustible empleado por estas unidades es el Diesel 2.

5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

5.3.1 Fuentes Fijas

Luego de realizar un análisis de la información existente en la Municipalidad Provincial de Yauli y Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Sacco, se determinó que no reflejaba la realidad de la ciudad, por lo cual se definió el universo de fuentes fijas emisoras en base a un empadronamiento desarrollado por miembros del Gesta Zonal de Aire.

Así, el universo de fuentes fijas aprobado para su empleo como base en el desarrollo del inventario, es el siguiente:

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1	Actividades mineras	Fundición Polimetálica	-	01
2	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	22
3			Restaurantes	44
4			Chicharronerías	10
5			Panaderías	18
6		Suministro de vapor y agua caliente	Duchas-Sauna	06
7	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	10
Total Fuentes Puntuales				01
Total Fuentes de Area				110
Total Fuentes Fijas				111

5.3.2 Fuentes Móviles

En la determinación del universo de fuentes móviles para la cuenca atmosférica de La Oroya se presentaron dos situaciones:

Transporte Urbano

Se recopiló información de la Municipalidad Provincial de Yauli correspondiente sólo al transporte público urbano (la única disponible) con un total de 33 empresas de transporte y categorías de automóvil, station wagon, camioneta rural y ómnibus con menos de 24 asientos. Esta información fue complementada con conteos vehiculares en las principales vías de la ciudad, así como con registros de las unidades particulares pertenecientes a las empresas Doe Run Perú S.A., Electroandes y contratistas.

Así se determinó un primer universo al año 2004, al cual se le descontaron los índices de crecimiento establecidos por el Ministerio de Transportes para cada departamento del país, para llegar al año base del inventario que corresponde al 2000.

Clase de Vehículo		Unidades (1)	Índices de Crecimiento, % (2)			
		Año 2004	Año 2004	Año 2003	Año 2002	Año 2001
Automóvil Particular		135	0.00	0.00	3.88	2.70
Automóvil Público		104				
Station Wagon Particular		96	0.00	0.00	8.96	12.04
Station Wagon Público		216				
Camioneta	Pick Up	167	0.00	0.00	-1.39	-1.10
	Rural Particular	19	0.00	0.00	6.18	5.78
	Rural Público	170				
	Panel	19	0.00	0.00	5.24	6.06
Ómnibus	<= 24 asientos	56	0.00	0.00	-1.03	-0.58
	> 24 asientos	3				
Camión	< 5 Ton	44	0.00	0.00	1.11	1.73
	> 5 Ton	70				
Remolcador		14	0.00	0.00	1.42	1.85
Vehículos menores		4	0.00	0.00	0.00	0.00
Tren		13	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		1130				

(1) Municipalidad Provincial de Yauli, conteo vehicular, información de empresas.

(2) Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Oficina General de Planificación y Presupuesto. Dirección de Información de Gestión.

Realizando el descuento respectivo, el universo de fuentes móviles en el transporte urbano empleado para la elaboración del inventario es el siguiente:

Clase de Vehículo	Nº Unidades	
	Año 2000	
Automóvil Particular	126	
Automóvil Público	97	
Station Wagon Particular	77	
Station Wagon Público	173	
Camioneta	Pick Up	171
	Rural Particular	17
	Rural Público	150
	Panel	17
Ómnibus	<= 24 asientos	57
	> 24 asientos	3
Camión	< 5 Ton	43
	> 5 Ton	68
Remolcador	14	
Vehículos menores	4	
Tren	13	
Total	1030	

Transporte Interprovincial

El universo del transporte interprovincial fue determinado mediante conteo vehicular realizado por integrantes del Gesta Zonal de Aire de La Oroya con la colaboración de alumnos del "Instituto Superior Tecnológico Público La Oroya", en el año 2003, considerando tres puntos principales de paso por la ciudad:

- Peaje Cutt Off
- Peaje Casaracra
- Salida Huancayo (altura del Relleno Sanitario)

Clase de Vehículo	Unidades (1)	Indices de Crecimiento, % (2)			
	Año 2003	Año 2003	Año 2002	Año 2001	
Automóvil Particular	300	0.00	3.88	2.70	
Automóvil Público	172				
Station Wagon Particular	159	0.00	8.96	12.04	
Station Wagon Público	101				
Camioneta	Pick Up	293	0.00	-1.39	-1.10
	Rural Particular	70	0.00	6.18	5.78
	Rural Público	57			
	Panel	57	0.00	5.24	6.06
Ómnibus	<= 24 asientos	56	0.00	-1.03	-0.58
	> 24 asientos	448			
Camión	< 5 Ton	446	0.00	1.11	1.73
	> 5 Ton	513			
Remolcador	326	0.00	1.42	1.85	
Remolque - Semiremolque	163	0.00	10.58	10.22	
Vehículos menores	3	0.00	0.00	0.00	
Total	3164				

(1) Conteo vehicular realizado por el Gesta Zonal de Aire La Oroya.

(2) Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Oficina General de Planificación y Presupuesto. Dirección de Información de Gestión.

Entonces, el universo al año 2000 del transporte interprovincial es el siguiente:

Clase de Vehículo	Nº Unidades Año 2000	
	Automóvil Particular	281
Automóvil Público	161	
Station Wagon Particular	127	
Station Wagon Público	81	
Camioneta	Pick Up	300
	Rural Particular	62
	Rural Público	50
	Panel	51
Ómnibus	<= 24 asientos	57
	> 24 asientos	455
Camión	< 5 Ton	433
	> 5 Ton	499
Remolcador	315	
Remolque - Semiremolque	131	
Vehículos menores	3	
Total	3006	

5.4 Determinación del Tamaño Muestral

Por sus características particulares definidas anteriormente, las fuentes de área requieren de la determinación de un número representativo de ellas que permitan caracterizar el universo. En ese sentido, se aplicó el Muestreo Aleatorio Estratificado con error del 5% y nivel de confianza del 95%.

5.4.1 Fuentes Fijas de Area

Cabe indicar que para el caso de La Oroya, las encuestas de fuentes de área realizadas representan el 78% del universo, debido al bajo número de fuentes de área existentes en los dos distritos que conforman la cuenca.

A continuación se muestra el cálculo realizado para la determinación del tamaño muestral:

$$n_0 = \frac{Z^2_{(1-\alpha/2)} \times p \times q}{\xi^2} \quad \dots\dots (1)$$

donde:

Nivel de Significancia:	$(1 - \alpha) =$	95%	
Error Relativo:	$\xi =$	5%	0.05
$Z^2_{(1-\alpha/2)}$	$=$	1.96	
P = proporción =	0.5	entonces;	q = 1-p = 0.5

Entonces, reemplazando en (1):

$$n_0 = \frac{Z^2_{1,(1.96)} \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2}$$

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

REGLA DE DECISIÓN:

$$\frac{n_0}{N} < 0.05 \Rightarrow n = n_0 \quad \text{ó} \quad \frac{n_0}{N} \geq 0.05 \Rightarrow n = n \quad n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Reemplazando valores:

$$\frac{n_0}{N} = 3.50$$

Entonces : $n = 85.56$

Redondeo: $n = 86$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 86 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría
Pollerías	17
Restaurantes	34
Chicharronerías	8
Panaderías	14
Duchas-Sauna	5
Grifos	8

5.4.2 Fuentes Móviles

Los tamaños de muestra fueron determinados independientemente para el transporte urbano y transporte interprovincial con la aplicación de las fórmulas siguientes:

Fórmulas muestrales:

$$n_0 = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * p * (1-p)}{d^2} \qquad n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

$$\frac{n_0}{N} < 0,05 \Rightarrow n = n_0 \qquad \frac{n_0}{N} \geq 0,05 \Rightarrow n = n$$

Considerar:

N = Población total (conocido)

d = Error muestral (definir)

α = Nivel de confianza (definir)

p = Proporción (asumir)

n = ?

z = 1.96

5

95

0.5

Transporte	N (2000)	no	Redondeado	no/N	n óptimo	no óptimo Redondeado
Urbano	1030	384.16	385	0.373	280.40	281
Interprovincial	3006	384.16	385	0.128	341.38	342

La distribución de las muestras de acuerdo a la categoría vehicular se indica a continuación:

Clase de Vehículo		Muestra calculada por Categoría	
		Transporte Urbano	Transporte Interprovincial
Automóvil Particular		34	32
Automóvil Público		26	18
Station Wagon Particular		21	14
Station Wagon Público		47	9
Camioneta		47	34
		5	7
		41	6
		5	6
Ómnibus		15	6
		1	52
Camión		12	49
		19	57
Remolcador		4	36
Remolque – Semiremolque		0	15
Vehículos menores		1	1
Tren		3	0
Total		281	342

5.5 Estimación de Emisiones

5.5.1 Emisiones Anuales

Las emisiones anuales distribuidas por categoría de fuente para la cuenca atmosférica de La Oroya, se detallan a continuación:

Tabla N° 1. Inventario de Emisiones Anuales de la Ciudad de La Oroya

Sector	Emisiones (Ton/año)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	6693	4351	380075	NM	143	NM	846
Fuentes de Area	8	7	2	4	99	33	0
Fuentes Móviles	18	17	83	222	559	97	1
Total	6719	4375	380160	226	801	130	847

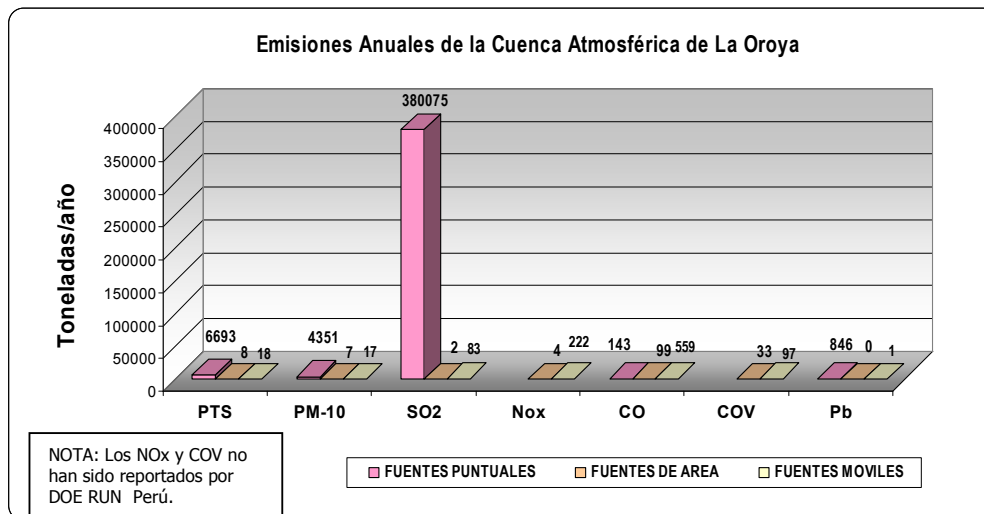
NM : No medido

Los datos reflejan una emisión mayoritaria de las fuentes puntuales (sólo una) en los contaminantes particulados, dióxido de azufre y plomo.

Tal como lo muestra también el Gráfico adjunto, el contaminante mayormente emitido es el dióxido de azufre (SO₂) con un total de 380160 Ton/año, de los cuales el 99.978% (380075 Ton/año) corresponden a las operaciones de la fundición polimetalica como única fuente puntual identificada en la cuenca.

En segundo lugar se tienen las emisiones de partículas totales en suspensión (PTS), que alcanzan 6719 Ton/año, de las cuales aproximadamente el 65% (4375 Ton/año) corresponden a partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras (PM-10).

En ambos casos, la contribución de la fuente puntual es superior al 99%.



En el caso del monóxido de carbono, corresponde la emisión más alta a las fuentes móviles (559 Ton/año), al igual que los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, sin embargo, no se tiene la información de estos gases en la fuente puntual dado que no son medidos.

El elemento plomo se encuentra asociado principalmente a las actividades desarrolladas por la fuente puntual (fundición polimetálica), con una emisión de 846 Ton/año. Las fuentes móviles aportan un mínimo de 1 Ton/año debido al empleo de gasolina de 84 octanos como combustible.

Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de la Ciudad de La Oroya

Sector	Emisiones (%)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx*	CO	COV*	Pb
Fuentes Puntuales	99.6	99.4	99.978	NM	17.8	NM	99.9
Fuentes de Area	0.1	0.2	0.001	1.8	12.4	25.2	0.0
Fuentes Móviles	0.3	0.4	0.02	98.2	69.8	74.8	0.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

NM : No medido

(*) Se considera que las emisiones de NOx y COV por parte de la fuente puntual son mínimas, a fin de determinar los porcentajes de aporte.

En la Tabla N° 3 se muestra el inventario de emisiones desagregado para la cuenca atmosférica de La Oroya, traducido en términos porcentuales en la Tabla N° 5.

Tabla N° 3. Emisiones de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de La Oroya (desagregado)

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						Pb
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	
Fuentes Puntuales									
Actividades mineras	Fundición Polimetálica	01	6693	4351	380075	NM*	143	NM*	846
Fuentes de Area									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	76	6	6	1	4	87	6	0
	Fabricación de productos de panadería	18	1	1	1	< 1	10	3	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Suministro de vapor y agua caliente	06	1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	0
	Venta al por menor de combustibles para automotores	10	0	0	0	0	0	23	0
EMISIONES TOTALES			6701	4358	380077	4	242	33	846

NM : No medido

(*) Las emisiones de la Fundición Polimetálica fueron estimadas principalmente en base a las mediciones realizadas por la empresa, las cuales no incluyen los resultados de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV), por lo cual se desconoce este aporte.

Tabla N° 3A. Emisiones de Partículas según su Procedencia

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
Fuentes Puntuales						
Actividades mineras	Fundición Polimetálica	01	6693*	0	4351**	0
Fuentes de Area						
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	76	0	6	0	6
	Fabricación de productos de panadería	18	0	1	0	1
	Suministro de vapor y agua caliente	06	0	1	0	< 1

(*) Las emisiones de PTS correspondientes al proceso de la Fundición Polimetálica están constituidas por: emisiones por chimeneas, 3278 Ton/año, y emisiones fugitivas, 3415 Ton/año.

(**) Las emisiones de PM-10 correspondientes al proceso de la Fundición Polimetálica están constituidas por: emisiones por chimeneas, 1775 Ton/año, y emisiones fugitivas, 2576 Ton/año.

Tabla N° 4. Emisiones de Fuentes Móviles en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de La Oroya (desagregado)

Categoría Vehicular	Clasificación	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Automóvil		665	1	1	3	17	150	21	<1
Station Wagon		458	2	2	9	18	126	18	<1
Camioneta	Pick Up	471	1	<1	3	9	53	8	<1
	Rural	279	2	2	9	10	38	5	<1
	Panel	68	<1	<1	<1	1	4	<1	<1
Omnibus		572	6	6	26	75	95	22	<1
Camión		1043	5	5	24	68	87	20	<1
Remolcador		329	1	1	7	16	5	2	<1
Remolque - Semiremolque		131	<1	<1	2	7	1	1	0
Locomotora		13	<1	<1	<1	1	<1	<1	0
Vehículos Menores		7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
EMISIONES TOTALES			18	17	83	222	559	97	1

Tabla N° 4A. Emisiones de Fuentes Móviles según el Tipo de Transporte

Categoría Vehicular	Clasificación	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Transporte Urbano									
Automóvil		223	1	1	3	16	136	19	<1
Station Wagon		250	2	2	8	17	122	17	<1
Camioneta	Pick Up	171	<1	<1	2	7	43	6	<1
	Rural	167	2	2	9	9	38	5	<1
	Panel	17	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1
Omnibus		60	4	4	18	51	81	16	<1
Camión		111	2	2	11	32	59	11	<1
Remolcador		14	<1	<1	<1	1	<1	<1	0
Locomotora		13	<1	<1	<1	1	<1	<1	0
Vehículos Menores		4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
EMISIONES SUB TOTALES			11	11	51	135	482	76	1
Transporte Interprovincial									
Automóvil		442	<1	<1	1	2	14	2	<1
Station Wagon		208	<1	<1	<1	1	4	1	<1
Camioneta	Pick Up	300	<1	<1	1	2	10	1	<1
	Rural	112	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
	Panel	51	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1
Omnibus		512	2	2	9	24	14	5	<1
Camión		932	3	3	13	36	27	9	<1
Remolcador		315	1	1	6	15	5	2	<1
Remolque - Semiremolque		131	<1	<1	2	7	1	1	0
Vehículos Menores		3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
EMISIONES SUB TOTALES			7	6	32	87	77	21	<1

Tabla N° 5. Emisiones Porcentuales en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de La Oroya (desagregado)

Estrato	Descripción	Emisión (%)						
		PTS	PM-10	SO2	NOX*	CO	COV*	Pb
Fuentes Puntuales								
Actividades mineras	Fundición Polimetálica	99.6	99.4	99.978	NM	17.8	NM	99.9
Fuentes de Area								
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expendan comidas y bebidas	0.1	0.1	< 0.05	1.6	10.9	4.7	0.0
	Fabricación de productos de panadería	< 0.05	0.0	< 0.05	0.2	1.3	2.7	0.0
	Suministro de vapor y agua caliente	< 0.05	0.0	< 0.05	0.0	0.2	0.1	0.0
	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.8	0.0
Fuentes Móviles								
Automóvil		<0.05	<0.05	<0.05	7.7	18.7	16.3	<0.05
Station Wagon		<0.05	<0.05	<0.05	8.0	15.8	13.9	<0.05
Camioneta	Pick Up	<0.05	<0.05	<0.05	4.0	6.6	5.8	<0.05
	Rural	<0.05	<0.05	<0.05	4.3	4.7	4.1	<0.05
	Panel	<0.05	<0.05	<0.05	0.2	0.4	0.4	<0.05
Omnibus		0.1	<0.05	<0.05	33.2	11.9	16.7	<0.05
Camión		0.1	<0.05	<0.05	30.1	10.8	15.1	<0.05
Remolcador		<0.05	<0.05	<0.05	7.3	0.6	1.6	<0.05
Remolque - Semiremolque		<0.05	<0.05	<0.05	3.2	0.1	0.7	0.0
Locomotora		<0.05	<0.05	<0.05	0.3	<0.05	0.1	0.0
Vehículos Menores		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.2	0.0
EMISIONES TOTALES		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

NM : No medido

(*) Los porcentajes de representatividad de los óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV), están referidos sólo a las fuentes de área, dado que se desconoce el aporte de la fuente puntual.

5.5.2 Emisiones por Contaminante

En la generación de las emisiones totales, no todas las fuentes contribuyen de manera uniforme por tipo de contaminante, algunas tienen mayor peso en la emisión de ciertos contaminantes debido a los procesos que se dan en cada una de ellas, por lo tanto es importante conocer cuáles son los sectores del inventario que tienen una mayor contribución.

Partículas Totales en Suspensión, PTS

Se produce una contribución determinante de 6693 Ton/año de PTS por parte de las operaciones de la Fundición Polimetálica, identificada como única fuente puntual en la cuenca atmosférica de la ciudad de La Oroya.

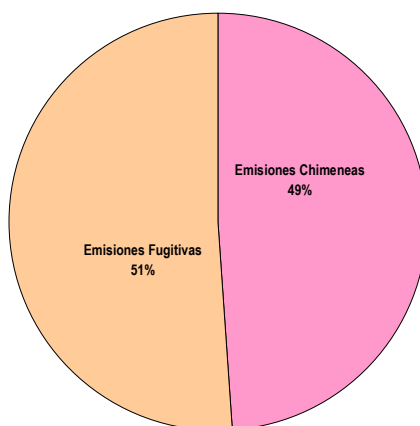
Esta emisión, que representa el 99.6% del total generado, se encuentra distribuida según su tipo, como se indica:

- Emisiones a través de ductos fijos de descarga (chimeneas), que alcanzan 3278 Ton/año.
- Emisiones fugitivas, que contribuyen con 3415 Ton/año.

Es importante indicar que el aporte de las chimeneas de descarga ha sido calculado en base a mediciones reales de concentración y caudal, por lo cual tienen un alto grado de certidumbre. Las emisiones fugitivas corresponden a estimaciones mediante factores de emisión.

El Gráfico adjunto muestra la distribución de las emisiones de PTS por tipo de fuente:

Emisiones de PTS por Tipo de Fuente para la Fundición Polimetálica



Desagregando el aporte de emisiones de PTS procedentes de la Fundición Polimetálica, es posible determinar las operaciones unitarias que contribuyen con los resultados reportados:

Emisiones a través de Chimeneas:

De acuerdo con las mediciones realizadas por Doe Run Perú S.A., son cinco las chimeneas de mayor importancia en las emisiones de PTS:

- Chimenea principal, con 2355 Ton/año
- Sistema de ventilación Ollas de Bismuto, con 197 Ton/año
- Sistema de ventilación Convertidores, con 183 Ton/año
- Sistema de ventilación Copelas, con 300 Ton/año
- Sistema de ventilación Tostadora de Zinc, con 243 Ton/año

Se aprecia que las emisiones de partículas totales emitidas por la Chimenea Principal, representan el 71.8% de las emisiones de las cinco fuentes mencionadas. Cabe señalar que esta chimenea conduce principalmente las emisiones del circuito de producción de cobre refinado, en sus operaciones de tostación, fundición y conversión, circuito de plomo refinado, en las etapas de sinterización y fundición, y circuito de zinc en su proceso de tostación, pasando previamente por la Planta Cottrell Central, la cual recupera material particulado reduciendo su emisión.

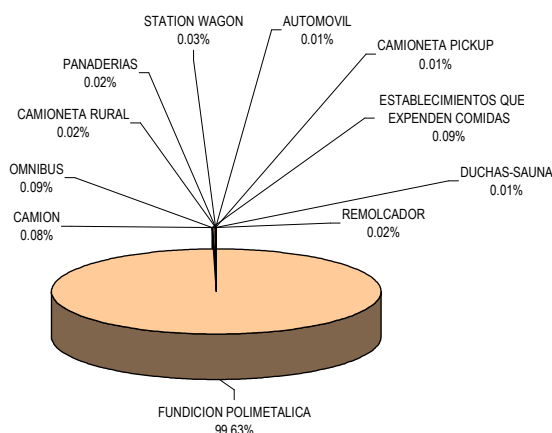
Emisiones Fugitivas:

Consideradas como principales aportantes de PTS fugitivo, se tienen las operaciones de los circuitos de cobre, plomo y zinc, cuyas emisiones independientes son las siguientes:

- El circuito de cobre, que posee un aporte de 1325 Ton/año, en sus operaciones de calcinado, horno reverbero y convertidor.
- Circuito de plomo, con 2001 Ton/año, considerándose que incluye la descarga de materia prima, pilas de almacenamiento de materia prima, fugas de la máquina sinterizadora, área de vaciado en el sinterizador.
- Circuito de zinc, cuya emisión fugitiva alcanza 90 Ton/año.

El aporte de las fuentes de área es comparativamente ínfimo, alcanzando 8 Ton/año que corresponden al desarrollo de actividades de combustión en las pollerías y restaurantes, panaderías y saunas. De igual forma, el aporte de las fuentes móviles alcanza sólo 18 Ton/año (0.3% de la emisión total). Véase Gráfico adjunto.

Distribución Porcentual de PTS por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de La Oroya



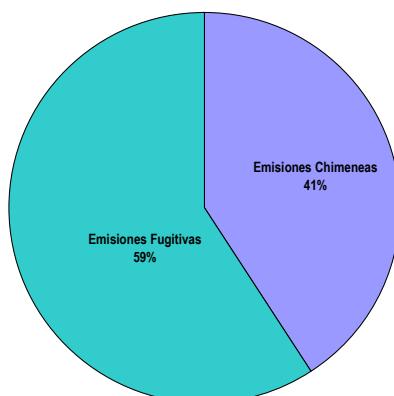
Partículas en Suspensión menores a 10 micras, PM-10

De acuerdo con lo indicado en la Tabla N° 1, las emisiones de PM-10 para la cuenca atmosférica de La Oroya alcanzan 4375 Ton/año, de los cuales el 99.4% son emitidas por la Fundición Polimetálica.

De manera general, el aporte de PM-10 para la única fuente puntual representa aproximadamente el 65% de las emisiones de PTS, aún cuando no ha sido posible estimar el aporte de PM-10 por parte de las operaciones de procesamiento de zinc que incrementarían los resultados mostrados.

Las operaciones unitarias y procesos que contribuyen con las emisiones de PM-10 son las mismas indicadas para el PTS, aunque en porcentajes diferentes, según se muestra en el Gráfico siguiente:

Emissiones de PM-10 por Tipo de Fuente para la Fundición Polimetálica



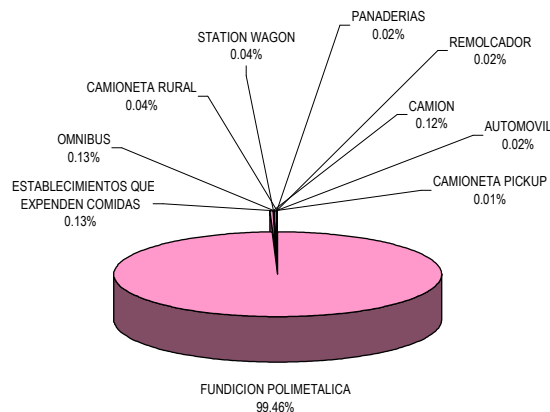
Se aprecia que el PM-10 es generado en un 59% por fuentes de tipo fugitivas, estimadas para los circuitos de cobre y plomo, siendo sus aportes de 746 y 1829 Ton/año respectivamente.

En relación a las emisiones procedentes específicamente de la Chimenea Principal de la Fundición, se tienen las contribuciones que se indican a continuación:

- Circuito de Cobre, con 374 Ton/año
- Circuito de Plomo, con 1401 Ton/año

Al igual que para el PTS, las emisiones de las fuentes de área y móviles son poco significativas, tal como lo demuestra el gráfico siguiente:

**Distribución Porcentual de PM-10 por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de La Oroya**



Dióxido de Azufre, SO₂

Con respecto a la emisión de SO₂, el aporte de la Fundición Polimetálica es aún más determinante, dado que representa el 99.978% de la emisión total en la cuenca atmosférica de La Oroya, alcanzando 380075 Ton/año.

Cabe señalar que la emisión de SO₂ es característica de los procesos desarrollados en la Fundición, de acuerdo a las etapas que se describen a continuación:

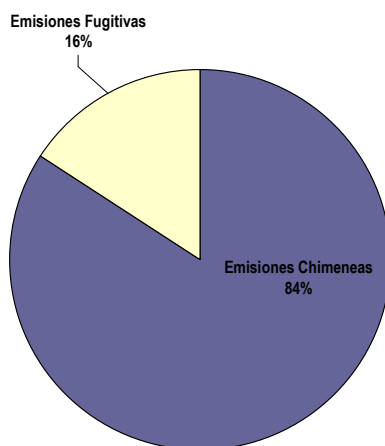
- En la producción de cobre refinado, el proceso de tostación busca proporcionar a la mezcla de concentrados y fundentes, condiciones óptimas para la etapa de fundición, mediante el acondicionamiento de temperatura y pérdida de materiales volátiles de azufre en forma de SO₂.
- En la etapa de aglomeración o sinterización del procesamiento de plomo refinado, la mezcla de concentrados y fundentes se quema para remover el azufre bajo la forma de gas SO₂.

- En el procesamiento de zinc, también se desarrolla la etapa de tostación, a fin de eliminar el azufre de los concentrados en forma de SO₂.

Como sistema de control de emisiones de SO₂, la Fundición dispone de una Planta de Acido Sulfúrico, sin embargo, ésta sólo capta los gases sulfurosos procedentes de la operación de tostación de zinc, dejando sin tratamiento las emisiones procedentes de las operaciones desarrolladas en los circuitos de cobre y plomo.

El Gráfico adjunto muestra la contribución de SO₂ por tipo de fuente:

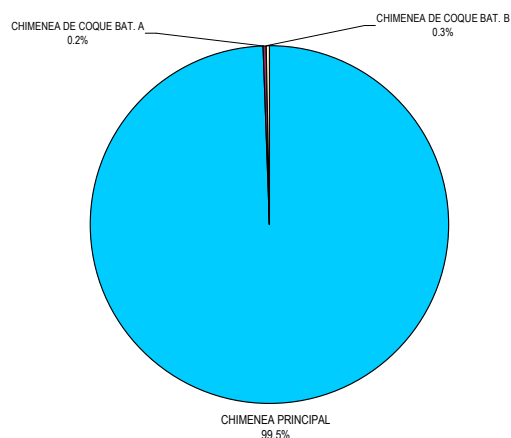
Emisiones de SO₂ por Tipo de Fuente para la Fundición Polimetálica



A diferencia de los contaminantes particulados, las emisiones de SO₂ proceden en su mayoría de los ductos de descarga (chimeneas), alcanzando un total de 319659 Ton/año, mientras que las emisiones fugitivas son 60415 Ton/año. Es importante indicar que la información referida a la emisión total de SO₂ está consignada en el "Balance Anual de Azufre 1998 – 2002" de la empresa Doe Run Perú S.A.

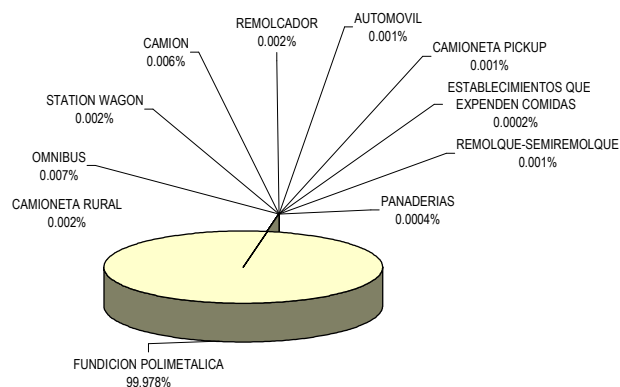
En relación a los aportes específicos por parte de las chimeneas medidas por la empresa, se presenta el gráfico siguiente:

Emisiones de SO2 por Chimeneas para la Fundición Polimétrica



Los aportes de las demás fuentes, tanto de área como móviles, representan en cada uno de los casos, menos del 0.05% de las emisiones totales, como se aprecia en el Gráfico siguiente:

Distribución Porcentual de SO2 por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de La Oroya

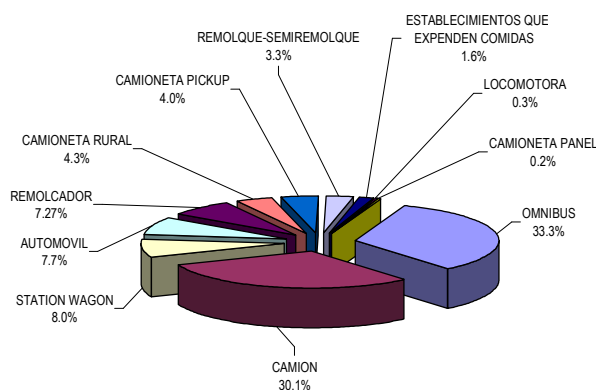


Oxidos de Nitrógeno, NOx

Los óxidos de nitrógeno (NOx) no son considerados como parte del programa de medición de emisiones de la Fundición Polimétrica, por lo cual no se dispone de esta información. Así tampoco existen factores de emisión que permitan su estimación, por lo cual es de suponerse que las emisiones son mínimas.

En ese sentido, las emisiones de NOx que se incluyen en el presente documento corresponden sólo a las fuentes de área y móviles, que de acuerdo con la Tabla N° 1 contribuyen con 4 y 222 Ton/año respectivamente. La distribución de las emisiones se indica a continuación en el Gráfico:

**Distribución Porcentual de NOx por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de La Oroya**



En él se aprecia que el mayor aporte de NOx igual a 98.2% procede del parque automotor por el desarrollo de los procesos de combustión interna. Dentro de esta categoría los aportes más significativos son los siguientes:

- Ómnibus, 33.2%
- Camiones, 30.1%

En ambos casos, el combustible empleado es principalmente, aunque no de manera exclusiva, el Diesel 2 y su emisión unitaria supera los 10 Kg/1000 Km por tratarse de vehículos pesados.

Las emisiones que aportan las fuentes de área son menores e inferiores a 4 Ton/año en cada caso.

Monóxido de Carbono, CO

El 69.8% de las emisiones de monóxido de carbono (CO) se atribuyen a las fuentes móviles, con un total de 559 Ton/año constituidas principalmente por los aportes siguientes:

- Automóviles, 150 Ton/año
- Station Wagon, 126 Ton/año
- Ómnibus, 95 Ton/año
- Camiones, 87 Ton/año

- Camionetas Pick Up, 53 Ton/año
- Camionetas Rurales, 38 Ton/año

El importante aporte de los automóviles y station wagon se encuentra asociado al empleo de la gasolina como combustible, en cuyo caso el aporte individual es superior a los 15 Kg/1000 Km. Debe señalarse que las mayores emisiones de monóxido de carbono corresponden a los vehículos más antiguos, teniéndose en la ciudad de La Oroya sólo un 7% de automóviles de años anteriores a 1980 en el transporte urbano y 0% en el transporte interprovincial, los demás corresponden en su mayoría a vehículos de la década del 90'.

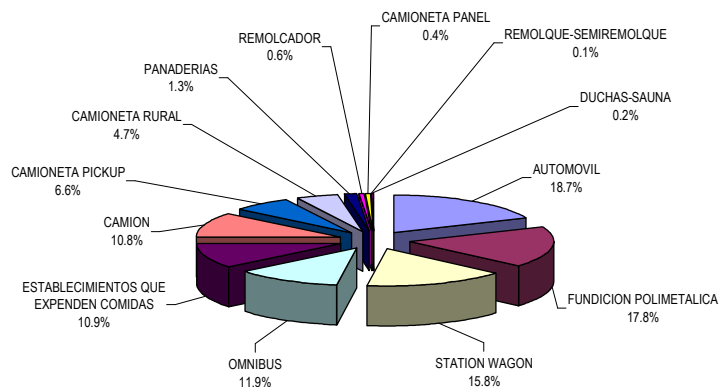
Comparativamente con las emisiones de partículas y SO₂ procedentes de la Fundición Polimetalica, las emisiones de CO para esta fuente puntual son mucho menores, alcanzando 143 Ton/año que representa el 17.8% del total generado en la cuenca.

De menor significancia son las emisiones procedentes de los establecimientos que expenden comidas, que alcanzan 87 Ton/año y representan el 10.9% de las emisiones totales. Los aportes individuales de cada uno de los establecimientos que conforman esta categoría son los siguientes:

- Pollerías, 87 Ton/año
- Restaurantes, < 1 Ton/año
- Chicharronerías, < 1 Ton/año

Se aprecia que las pollerías constituyen la contribución más importante, debido al empleo de carbón vegetal y leña como combustibles, aún cuando en número son menores que los restaurantes (22 pollerías versus 44 restaurantes).

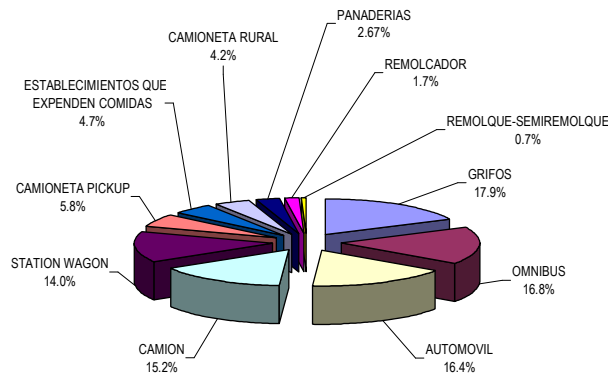
**Distribución Porcentual de CO por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de La Oroya**



Compuestos Orgánicos Volátiles, COV

Al igual que para el caso del NO_x, las emisiones de COV no han sido determinadas para la Fundación Polimetálica, por lo cual el Gráfico adjunto sólo muestra la distribución de emisiones para las fuentes móviles y de área.

**Distribución Porcentual de COV por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de La Oroya**



Se evidencia que las emisiones de COV son mayores en los grifos, alcanzando 23 Ton/año para un total de 10 establecimientos, debido a las operaciones de carga de los tanques subterráneos y expendio de combustibles para vehículos. Esta emisión representa el 17.8% del total de la cuenca.

Al igual que el CO, las mayores emisiones de COV referidas a fuentes móviles se concentran en cuatro categorías:

- Ómnibus, 22 Ton/año
- Automóvil, 21 Ton/año
- Camión, 20 Ton/año
- Station Wagon, 18 Ton/año

En el caso de los automóviles y station wagon es debido a la combustión de la gasolina cuyo factor de emisión es superior a los 2 Kg/1000 Km, siendo en el caso del Diesel mucho menor (0.15 Kg/1000 Km); sin embargo, el número de unidades entre ómnibus y camiones en la cuenca es significativo, igualando e incluso superando las demás categorías, lo cual eleva su emisión.

Las emisiones de COV por parte de los establecimientos que expenden comidas representan el 4.7% del total emitido, y tal como se indicó anteriormente, la mayor emisión también corresponde a las pollerías con 6 Ton/año por la combustión de la leña cuyo factor de emisión alcanza 46 Kg/Ton de combustible.

Plomo, Pb

Se ha determinado que las emisiones de plomo en la cuenca proceden en un 99.9% de la Fundición Polimetálica, alcanzando 846 Ton/año, teniéndose un mínimo aporte igual a 1 Ton/año de parte de las fuentes móviles que emplean gasolina como combustible (principalmente 84 octanos).

El Anexo N° 1 presenta el detalle de las emisiones unitarias para la cuenca atmosférica de La Oroya.

6. Conclusiones

El inventario de emisiones de emisiones para la cuenca atmosférica de La Oroya, permite establecer las conclusiones siguientes:

- 6.1 Existe en la cuenca atmosférica de La Oroya, una única fuente puntual que representa en relación a las partículas, plomo y dióxido de azufre, más del 99% de las emisiones totales, y cuya actividad principal es la fundición polimetálica.
- 6.2 Las actividades productivas de la Fundición Polimetálica determinan dos tipos de emisiones, las canalizadas a través de ductos o chimeneas y las emisiones de tipo fugitivas, las cuales tienen un aporte prácticamente equitativo en relación a las partículas totales en suspensión, y ligeramente superior en emisiones fugitivas para el caso de las partículas menores a 10 micras.
- 6.3 La chimenea principal de la Fundición Polimetálica canaliza más del 70% de las emisiones de partículas procedentes de operaciones unitarias en los circuitos de cobre, plomo y zinc, y cuenta con un sistema de control de emisiones.
- 6.4 Las emisiones de PTS reportadas para la chimenea principal corresponden a mediciones reales realizadas por la Fundición, en la descarga final del ducto, por lo cual ya toman en cuenta la reducción generada por la disposición del sistema de control.
- 6.5 El mayor aporte de emisiones fugitivas de partículas procede de los circuitos de cobre (calcinado, horno reverbero y convertidor) y plomo (principalmente en los procesos de sinterización).
- 6.6 Las emisiones de dióxido de azufre en la cuenca atmosférica de La Oroya proceden casi exclusivamente (99.978%) de las operaciones de la Fundición Polimetálica, debido a las características propias de sus procesos en que se busca eliminar el azufre de los concentrados en forma de SO₂.
- 6.7 El dióxido de azufre es emitido a la atmósfera por la Fundición, a través de ductos (chimeneas) y por fugas de los procesos, siendo predominantes las emisiones canalizadas (84%), dentro de las cuales la mayor emisión corresponde a la chimenea principal.
- 6.8 Las mayores emisiones de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles en la cuenca proceden de fuentes móviles.

- 6.9 Los ómnibus y camiones generan las más altas emisiones de óxidos de nitrógeno debido a su importante emisión unitaria y además al número de unidades existentes en la cuenca principalmente de tipo interprovincial.
- 6.10 La combustión interna de la gasolina desarrollada en los automóviles y station wagon genera el más importante aporte de monóxido de carbono, que incluso supera a la emisión de la fundición polimetálica.
- 6.11 Las actividades de carga de tanques subterráneos y expendio de gasolinas en los grifos representan más del 17% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en la cuenca, seguido de los automóviles, station wagon, ómnibus y camiones.
- 6.12 Las emisiones del elemento plomo en la cuenca atmosférica de La Oroya, son atribuidas en más del 99.9% a las operaciones de la Fundición Polimetálica.

ANEXO N° 1
DETALLE DE EMISIONES UNITARIAS

BIBLIOGRAFIA
Inventario de Emisiones de la
Cuenca Atmosférica de la ciudad de La Oroya

1. Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire. Alexander Economopoulos. Parte I: Técnicas para el Inventario Rápido de la Contaminación Ambiental. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 1993.
2. Anuario Estadístico 2000. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad. Dirección de Promoción y Estadística.
3. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen III – Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
4. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen V – Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes de Area. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
5. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen IV – Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes Puntuales. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
6. Cuaderno de Trabajo para la Capacitación Avanzada en la Metodología para el Proyecto del Inventario de Emisiones de México. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
7. Inventario de Emisiones a la Atmósfera. Zona Metropolitana del Valle de México 2000. Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal.
8. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II – Fundamentos de Inventarios de Emisiones. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
9. Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner's Guide for Point and Area Sources. Office of Air Quality. United States Environmental Protection Agency.
10. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Vol 1: Stationary Point and Area Sources. AP-42 USEPA. 1985.

11. Inventario de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana para 1997 y Proyecciones al 2005. Comisión Nacional del Medioambiente. Chile. 1997.
12. Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón). Reporte Final. Preparado para la Oficina de Investigación y Desarrollo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Washington DC.
13. Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Primera Comunicación. Junio 2001.
14. Evaluation of the 1998 Emissions Inventory for the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico. ERG Inc. Prepared for: Western Governors' Association Denver, Colorado and Binational Advisory Committee. 2003.
15. Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2000. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos. Dirección de Promoción y Estadística.
16. Emisiones al Aire de la Combustión de Llantas Usadas. USEPA.
17. Anuario Minero 2001. Ministerio de Energía y Minas. Sub Sector Minería. Dirección General de Minería. Dirección de Promoción y Estadística.
18. Inventario de Emisiones a la Atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México 1996. Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal.
19. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
20. California Environmental Protection Agency. Air Resource Board. Public Meeting to consider Approval of Revisions to the State's on-road Motor Vehicle Emissions Inventory. Technical Support Document. May 2000 (4.12).

**DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA**

**Dirección Ejecutiva de Ecología y Protección del
Ambiente - DEEPA**

**INVENTARIO DE EMISIONES
CUENCA ATMOSFERICA DE
LA CIUDAD DE HUANCAYO**



ABRIL, 2006

INDICE
Inventario de Emisiones
Cuenca Atmosférica de la ciudad de Huancayo

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. DELIMITACION GEOGRAFICA Y POBLACIÓN	02
4. METODOLOGÍA	02
4.1 Consideraciones específicas en Fuentes Fijas	03
4.2 Consideraciones específicas en Fuentes Móviles	03
5. PROCEDIMIENTO	04
5.1 Tipos de Fuentes Emisoras	04
5.1.1 Fuentes Fijas	05
5.1.2 Fuentes Móviles	06
5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras	06
5.2.1 Fuentes Fijas	06
5.2.2 Fuentes Móviles	10
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	14
5.3.1 Fuentes Fijas	14
5.3.2 Fuentes Móviles	16
5.4 Determinación del Tamaño Muestral	16
5.4.1 Fuentes Fijas de Area	17
5.4.2 Fuentes Móviles	18
6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES	19
6.1 Emisiones Anuales	19
6.2 Emisiones por Contaminante	27
6.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más Contaminantes	34
7. CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFIA	

Inventario de Emisiones

Cuenca Atmosférica de la ciudad de Huancayo

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de las actividades de gestión ambiental en el país, se publicó en el año 2001 el D.S. N° 074-2001-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire, el cual tiene por objetivo principal proteger la salud de la población, a través de estrategias para alcanzar los estándares progresivamente.

El diagnóstico de línea base constituye uno de los elementos del proceso de aplicación de los estándares, y tiene por finalidad evaluar de manera integral la calidad del aire en una zona y sus impactos sobre la salud y el ambiente, a través de estudios específicos como el monitoreo de la calidad del aire, inventario de emisiones y estudios epidemiológicos, siendo así la base para la toma de decisiones correspondientes a la elaboración de los Planes de Acción y manejo de la calidad del aire a nivel local.

Un indicador de la calidad del aire lo constituye el consumo de energéticos empleados en los sectores productivos y el transporte, y también en el sector comercial y de servicios, ya que en su mayoría los contaminantes emitidos a la atmósfera son el resultado de la combustión de diferentes tipos de combustibles fósiles.

En ese sentido, la identificación de las fuentes que emiten contaminantes a la atmósfera se vuelve una actividad importante y a la vez compleja, que demanda la instrumentación y aplicación de métodos que permitan estimar el tipo y la cantidad de los contaminantes emitidos. Un instrumento importante en esta tarea lo constituye el inventario de emisiones, mediante el cual es posible identificar tanto a las fuentes emisoras, como el tipo y cantidad de contaminantes generados como resultado de la realización de procesos industriales y otras actividades específicas.

Este primer inventario de emisiones a nivel local elaborado con la participación interinstitucional a través de los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Aire – Gesta's Zonales, incorpora tanto las emisiones procedentes de fuentes fijas (puntuales y de área) como móviles referidas a la cuenca atmosférica delimitada en cada una de las trece Zonas de Atención Prioritaria del país, según lo establece el D.S. N° 074-2001-PCM.

Es importante indicar que la elaboración de inventarios de emisiones constituye un proceso complejo y de constante actualización, por lo tanto es "dinámico". Los resultados que forman parte del presente documento reflejan la situación existente al año 2000.

2. OBJETIVO

Elaborar el Primer Inventario Local de Emisiones para la cuenca atmosférica de la ciudad de Huancayo, con la finalidad de contar con información sobre la situación del aporte de contaminantes a la atmósfera de los diferentes giros industriales, sectores comerciales y de servicios, así como del sector transportes, y que asimismo constituya una herramienta de apoyo para la evaluación de las medidas y estrategias del Plan "A Limpiar el Aire".

3. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA Y POBLACIÓN

Un elemento importante en la planeación de un inventario de emisiones, es definir los límites geográficos del área que éste cubrirá. Esta área por lo general se define con base en los problemas de contaminación atmosférica que se presentan en una región.

El inventario de emisiones de la ciudad de Huancayo integra tres distritos, cuya cobertura poblacional se indica a continuación:

Distrito	Población
Huancayo	116 189
Chilca	76 154
El Tambo	150 295
Total Cuenca Atmosférica	342 638 habitantes

La superficie ocupada por la cuenca atmosférica es de 21417.926 Km², lo que determina una densidad poblacional de 16 Hab/Km².

4. METODOLOGÍA

El presente inventario de emisiones fue desarrollado principalmente con la aplicación de la metodología de "Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire – Técnicas para el Inventario Rápido de la Contaminación Ambiental" de Alexander P. Economopoulos, traducido y publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS de la Organización Mundial de la Salud, la cual en adelante se denominará Metodología OMS.

Este método permite evaluar de manera efectiva las emisiones de contaminación del aire generadas por cada fuente o grupos de fuentes similares dentro de una determinada área de estudio, mediante la aplicación de factores de emisión basados en experiencias previas (medición) sobre la naturaleza y cantidad de contaminantes generados, con y sin sistemas de control.

Cada factor de emisión se define como la carga normalizada liberada de un contaminante expresada en kilogramos por unidad de actividad que caracteriza a la fuente de emisión.

4.1 Consideraciones Específicas en Fuentes Fijas

Para aquellos casos particulares en que no se dispuso de factores de emisión específicos en la metodología OMS, se emplearon las metodologías indicadas a continuación:

- *Pollerías con quema de carbón vegetal* :
"Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón)". Preparado por Suh Y. Lee por contrato de la EPA N° 68-D4-005. Air Pollution Prevention and Control División.
- *Emisiones evaporativas de Tolueno, Benceno y Gasolina*
Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.

El parámetro partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10) no se encuentra incorporado dentro de los contaminantes posibles de calcular en la metodología OMS, por lo cual fue necesario recurrir a la metodología de Factores de Emisión del Source Code Clasification – SCC. Traducido por el Gobierno del Distrito Federal de México.

Sin embargo, los factores de emisión no fueron aplicados directamente, a fin de no emplear una metodología diferente a la correspondiente a los demás contaminantes, decidiéndose definir porcentajes de aporte de PM-10 en el total de partículas en suspensión, en función a los factores de emisión. Estos porcentajes fueron aplicados a los resultados obtenidos mediante la estimación realizada por la metodología OMS.

El detalle de los porcentajes de presencia de partículas menores a 10 micras en el total del particulado en suspensión, para cada proceso productivo, se encuentra en la Guía para Estimación de PM-10.

4.2 Consideraciones Específicas en Fuentes Móviles

La metodología OMS tampoco permite determinar las emisiones de PM-10 procedentes de las fuentes móviles, por lo cual bajo el mismo concepto indicado anteriormente, se recurrió al documento siguiente:

California Environmental Protection Agency. Air Resource Board. Public Meeting to consider Approval of Revisions to the State's on-road Motor Vehicle Emissions Inventory. Technical Support Document. May 2000 (4.12).

En este documento se especifica la fracción de partículas en el particulado total, siendo nuestro interés el PM-10, según se indica:

Componente	Fracción < 10 micras
Escape de vehículos a gasolina con catalizador, usando combustible sin plomo	0.97
Escape de vehículos a gasolina sin catalizador, usando combustible sin plomo	0.90
Vehículos Diesel	1.00

Estas fracciones fueron aplicadas a las emisiones unitarias según el tipo de vehículo.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Tipos de Fuentes Emisoras

Para el propósito de este inventario de emisiones, las fuentes de emisión han sido agrupadas de la manera siguiente:

- Fuentes Puntuales : sector industrial
- Fuentes de Area : sector doméstico, comercial y de servicios
- Fuentes Móviles : automóviles, camionetas, camiones, ómnibus, remolcadores, vehículos menores

Fuentes Puntuales: Se define como una fuente puntual a toda instalación establecida en un lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales o actividades que puedan generar emisiones contaminantes significativas a la atmósfera, por ejemplo se puede citar a las fundiciones primarias, refinerías, industrias de alimentos y otros.

Fuentes de Area: Son todos aquellos establecimientos o lugares donde se desarrollan actividades que de manera individual emiten cantidades relativamente pequeñas de contaminantes, pero que en conjunto sus emisiones representan un aporte considerable de contaminantes a la atmósfera y que no llegan a considerarse como fuentes puntuales. En esta categoría se incluyen la mayoría de los establecimientos comerciales y de servicios, como por ejemplo las panaderías, talleres de carpintería, grifos y otros.

Fuentes Móviles: Son todos los vehículos automotores que transitan por vías de circulación como calles, carreteras, caminos y avenidas. Como ejemplo se pueden mencionar a los automóviles, camionetas pick up, vehículos de carga, autobuses y motocicletas.

De acuerdo a la evaluación realizada por los miembros del Gesta Zonal de Aire de la ciudad de Huancayo, las categorías de fuentes existentes en el ámbito geográfico delimitado son las siguientes:

5.1.1 Fuentes Fijas

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
1	Actividades industriales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	Ladrilleras	Puntual
2		Acabado de productos textiles	Textiles	Puntual
3	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	Area
4		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
5		Suministro de vapor y agua caliente	Saunas	Area
6	Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	Molinos	Area
7	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area
8	Evaporación de solventes por fuentes de área	Uso de pinturas y solventes	Uso de pinturas y solventes	Area
9		Actividades de impresión	Imprentas	Area
10	Otras fuentes de combustión industrial	Fundiciones de hierro y acero	Fundiciones artesanales	Area

Estas totalizan dos categorías de fuentes puntuales y ocho categorías de fuentes de área.

5.1.2 Fuentes Móviles

Nº	Estrato	Tipo
1	Automóvil	-
2	Station Wagon	-
3	Camioneta	Pick Up
4		Rural
5		Panel
6	Ómnibus	-
7	Camión	-
8	Remolcador	-
9	Remolque-Semiremolque	-
10	Vehículos Menores	-

5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

5.2.1 Fuentes Fijas

Entre las fuentes puntuales identificadas en la ciudad de Huancayo, se tienen dos rubros principales: ladrilleras y textiles, cuyas características principales de producción son las siguientes:

Ladrilleras

Las dos fuentes correspondientes a esta categoría son asociaciones de productores artesanales, cuyo proceso de producción es totalmente artesanal y consiste de las actividades siguientes:

- Preparación de la masa (arcilla), con proporciones de 60 a 70% de arcilla, 10 a 20% de agua y 10 a 30% de aserrín.
- Moldeado y secado, por aproximadamente 1 semana.
- Encajonado al horno.
- Cocción o quemado, proceso que dura 3 días.
- Enfriado, durante 1 semana.

La producción total que integran las dos ladrilleras ubicadas en Pailán y Torre Torre, es de 2050 millares de ladrillo/año, en un total de 50 hornos y 279 quemas/año.

Los combustibles empleados son la leña y corteza en un total de 1345 Toneladas/año y petróleo Diesel 2 con 5.3 m3/año.

Textil

El proceso desarrollado en la cooperativa textil ubicada en el distrito de Huancayo y que determina una producción de 50000 metros lineales por mes, consiste de las operaciones siguientes:

- Acopio de lanas y alpacas de la selección
- Lavado con agua y detergente
- Elaboración del hilado
- Tejeduría y zurcido
- Lavado de la tela y teñido
- Acabado (proceso mecánico con aplicación de vapor)

En ese sentido, se determinó la emisión de esta fuente generada sólo por los procesos de combustión involucrados, que involucran la operación de un único caldero de tipo industrial durante 8 horas/día, con el empleo de petróleo Residual en un volumen de 15000 galones/mes.

Para el caso de las fuentes de área que representan ocho categorías de emisión, las fuentes identificadas presentan las características siguientes:

Pollerías

Las encuestas determinan un uso predominante (88%) del carbón vegetal como combustible en las pollerías, y sólo un 12% emplea la leña. La producción promedio es de 35 pollos/día, que equivale a 23 Toneladas/año.

En relación a los consumos de combustible asociados, se indican a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón vegetal	88	4.9
Leña	12	3.6

Panaderías

A diferencia de las pollerías, en las panaderías predomina el empleo de la leña como combustible, seguido del kerosene y mínimamente el petróleo, según los porcentajes y consumos que se indican a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	77	24.6
Diesel 2	11	1.5
Kerosene	54	2.9

Nótese que existe un porcentaje de establecimientos superior al 100%, debido a que se produce el uso combinado de combustibles: leña-diesel (37%) y leña-kerosene (6%).

Saunas

Constituyen una fuente característica de la cuenca atmosférica de Huancayo, con un total de 54 establecimientos. Su operación consiste en la generación de vapor con el empleo de calderos, que emplean como combustibles los siguientes:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	36	21.5
Leña y corteza	68	53.9
Aceite lubricante residual	5	0.3

Nótese que existe un porcentaje de establecimientos superior al 100%, debido a que se produce el uso combinado de combustibles: leña/leña y corteza (5%) y leña-aceite (5%).

Es importante destacar, que aunque en baja proporción, se produce el uso del aceite lubricante residual, que aporta emisiones de plomo.

Molinos

Los molinos existentes en la cuenca atmosférica de Huancayo procesan los granos siguientes: trigo, trigo duro, avena, soya, maíz seco, maíz húmedo, con el empleo de sistemas de control como ciclones y filtros textiles que reducen la emisión de material particulado. El detalle de la información se presenta a continuación:

Tipo de Grano	% Establecimientos	Producción Promedio (Ton/año)
Trigo	100	55
Trigo Duro	62	24
Avena	77	37
Soya	77	28
Maíz Seco	100	19
Maíz Húmedo	46	13

Sistema de Control	% Establecimientos
Ciclones	54
Filtros Textiles	77
Ciclones y Filtros Textiles	46
Ninguno	15

Se aprecia que el 100% de los molinos trabaja con trigo y maíz seco, cuyas producciones promedio son 55 y 19 Ton/año respectivamente, y además que un mínimo de 15% de molinos no posee ningún sistema de control.

Grifos

Existen 48 establecimientos de venta al por menor de combustibles en la cuenca atmosférica de Huancayo, los cuales expenden gasolinas de 84 y 90 octanos, así como petróleo Diesel y kerosene, con sistemas no controlados. Los volúmenes promedio comercializados se indican a continuación:

Tipo de Combustible	Volumen Promedio Comercializado (Gal/mes)
Gasolina 84	6096
Gasolina 90	3453
Diesel 2	16291
Kerosene	3793

Cabe señalar que para efectos de estimación de emisiones sólo se emplea la información referida a gasolinas.

Uso de Pinturas y Solventes

Esta categoría está referida a los materiales de revestimiento y solventes que se expenden y consumen en los distritos de Huancayo, Chilca y El Tambo, a saber:

Categoría	Tipo de Producto	Consumo Total (Ton/año)
Material de Revestimiento	Pintura	251
	Barniz	70
	Laca	38
	Esmalte	123
Solvente	Thiner	149
	Aguarrás	32
	Bencina	18

Imprentas

Tres tipos de sistema de impresión son los que caracterizan a esta categoría, siendo el principal la impresión tipo offset.

Sistema de Impresión	% Establecimientos
Offset	100
Tipografía	43
Serigrafía	19

Se aprecia que los sistemas tipográfico y serigráfico son secundarios y siempre van acompañados de la línea principal en offset.

De manera general, el consumo promedio de tinta por imprenta alcanza 0.12 Toneladas/año, mientras que el de gasolina 0.14 Toneladas/año.

Fundiciones Artesanales

Considerando que las fundiciones referidas son de tipo artesanal, la información relevante es el proceso de combustión; sin embargo, se debe señalar que los metales fundidos son el hierro gris (312 Kg/mes), aluminio (146 Kg/mes) y bronce (178 Kg/mes), en proceso de moldeado, fusión del metal, colado y desmoldado.

El combustible eminentemente empleado en todas las fundiciones es el aceite lubricante residual, con un promedio de 17 Ton/año de consumo.

5.2.2 Fuentes Móviles

La caracterización de las fuentes móviles ha sido realizada en función a la información recopilada en las encuestas de la cuenca atmosférica de la ciudad de Huancayo, determinadas en base a un muestreo aleatorio.

Automóviles

El total de automóviles existentes en Huancayo es de 12769 unidades y representa el 29% del parque vehicular total de la ciudad. Sus características se detallan a continuación:

Característica	Categorías	% Automóviles
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	8
	1981 - 1990	32
	1991 - 2000	60
Cilindrada	< 1400	28
	1400 - 2000	46
	> 2000	26
Tipo de Alimentación	Carburador	44
	Inyección	56

Se aprecia que los automóviles pertenecen en su mayoría la década del 90', existiendo también un menor porcentaje del período 1981 – 1990.

La distribución de uso de combustible determina un 69% de gasolina, entre la de 84, 90 y mínimamente 95 octanos.

Característica	Categorías	% Automóviles
Tipo de Combustible	Diesel 2	30
	Gas 84	34
	Gas 90	34
	Gas 95	1
	GLP	2
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	6
	20 - 80 Km/día	17
	80 - 200 Km/día	62
	> 200 Km/día	15
Tipo de Servicio	Público	65
	Particular	35

En promedio un vehículo en la ciudad de Huancayo recorre 152 Km/día, lo cual se encuentra asociado a la existencia de un 65% dedicado al servicio de taxi.

Station Wagon

Son 4987 unidades de station wagon que circulan en la ciudad de Huancayo y representan el 11% del parque vehicular total. Cabe señalar también que este tipo de unidades representa aproximadamente la tercera parte de automóviles existentes.

El cuadro adjunto muestra que al igual que los automóviles, predominan las unidades del período 1991 – 2000 con un importante 93%, así como cilindradas entre 1400 y 2000 cc y vehículos con inyección.

Característica	Categorías	% Station Wagon
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	0
	1981 - 1990	7
	1991 - 2000	93
Cilindrada	< 1400	30
	1400 - 2000	45
	> 2000	25
Tipo de Alimentación	Carburador	30
	Inyección	70

El combustible más empleado por los station wagon es el Diesel, aunque también la gasolina de 90.

Característica	Categorías	% Station Wagon
Tipo de Combustible	Diesel 2	52
	Gas 84	16
	Gas 90	32
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	27
	20 - 80 Km/día	25
	80 - 200 Km/día	48
	> 200 Km/día	0
Tipo de Servicio	Público	66
	Particular	34

El recorrido promedio de una unidad es de 134 Km/día influenciado por el 66% de vehículos que realizan servicio de taxi. Cabe señalar que la distribución de uso (público y particular) de los station wagon no difiere significativamente de los automóviles.

Camionetas

Dentro de esta categoría existen tres clasificaciones:

- Camionetas Pick Up con 6575 unidades
- Camionetas Rurales con 4646 unidades
- Camionetas Panel con 128 unidades

Es importante destacar que el número de camionetas pick up en la cuenca supera al universo de station wagon, y las camionetas rurales se encuentran en órdenes similares de cantidad.

Característica	Categorías	% Pick Up	% Rural	% Panel
Año de Fabricación	< 1970	4	0	0
	1970 - 1980	11	5	0
	1981 - 1990	32	56	0
	1991 - 2000	54	39	100

Nótese que predominan las camionetas pick up y panel de los años 90, aunque en el primer caso en menor porcentaje, a diferencia de las camionetas rurales que son principalmente de la década del 80' (56%) y poseen mayor recorrido por dedicarse en su mayoría al servicio público.

En relación al combustible, tanto las camionetas rurales como las panel emplean predominantemente el Diesel, mientras que las pick up (mayor uso particular) emplean Gasolina en un 84%.

Característica	Categorías	% Pick Up	% Rural	% Panel
Tipo de Combustible	Diesel 2	16	90	100
	Gas 84	68	10	0
	Gas 90	16	0	0
	Gas 95	0	0	0
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	11	2	0
	20 - 80 Km/día	43	10	100
	80 - 200 Km/día	45	78	0
	> 200 Km/día	2	10	0

Los recorridos promedio son de 77, 159 y 30 Km/día para las camionetas pick up, rural y panel respectivamente.

Ómnibus

El 6% del parque automotor de Huancayo está constituido por ómnibus, totalizando 2667 unidades, las cuales recorren en promedio 194 Km/día.

De acuerdo con las encuestas realizadas, el 88% de los ómnibus son de servicio público, y este mismo 88% emplea como combustible el Diesel 2.

Camiones

Una situación particular ocurre en la ciudad de Huancayo al encontrarse un parque vehicular de camiones que constituye el segundo nivel en magnitud con 8283 unidades (19%).

El recorrido promedio de estas unidades es de 144 Km/día y emplean en un 86% el Diesel como combustible.

Remolcadores y Semiremolques

Los remolcadores y semiremolques han sido identificados como transporte de carga mayoritariamente, siendo su combustible el Diesel 2. En relación a su recorrido promedio, se estima en 40 Km/día por ser el máximo que puede recorrer una unidad dentro de la cuenca atmosférica, de sur a norte y de norte a sur, aunque en realidad las distancias recorridas superan los límites de la cuenca.

Vehículos Menores

Los vehículos menores (motocicletas) alcanzan un total de 2913 unidades y pueden ser de 2 tiempos y 4 tiempos, siendo su distribución en la cuenca atmosférica la siguiente:

Vehículo Menor	%
2 Tiempos	62
4 Tiempos	38

De acuerdo con el tipo de uso, se tiene la distribución siguiente:

Vehículo Menor	%
Particular	81
Público	19

Siendo el recorrido promedio de estas unidades de 24 Km/día.

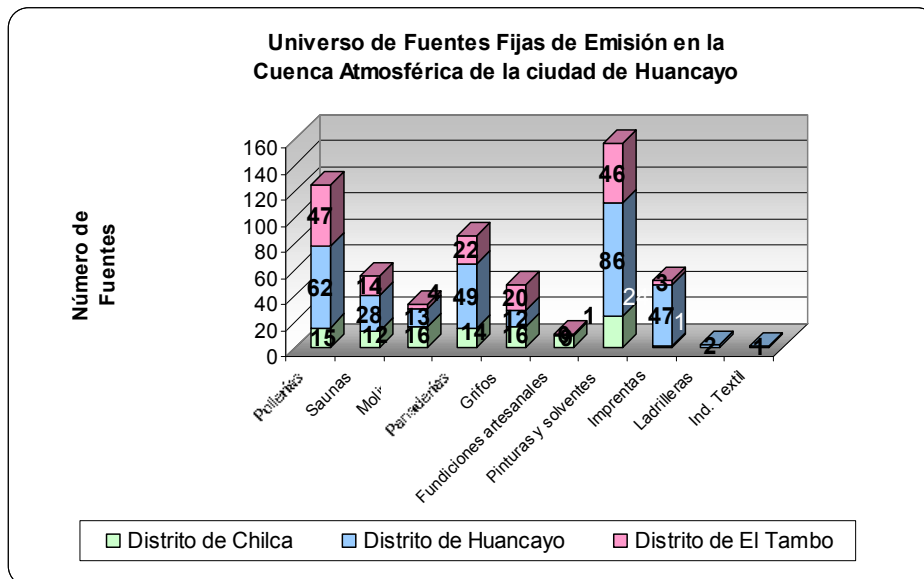
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

5.3.1 Fuentes Fijas

Luego de realizar un análisis de la información existente en la Municipalidad Provincial de Huancayo, Dirección Regional de Producción y Dirección Regional de Energía y Minas, se determinó que no reflejaba la realidad de la ciudad, por lo cual se definió el universo de fuentes fijas emisoras en base a un empadronamiento desarrollado por miembros del Gesta Zonal de Aire.

Así, el universo de fuentes fijas aprobado para su empleo como base en el desarrollo del inventario, es el siguiente:

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica	Total Fuentes por Distritos		
					Chilca	Huancayo	El Tambo
1	Actividades industriales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	Ladrilleras	2	0	2	0
2		Acabado de productos textiles	Textiles	1	0	1	0
3	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	124	15	62	47
4		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	85	14	49	22
5		Suministro de vapor y agua caliente	Saunas	54	12	28	14
6	Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	Molinos	33	16	13	4
7	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	48	16	12	20
8	Evaporación de solventes por fuentes de área	Uso de pinturas y solventes	Uso de pinturas y solventes	156	24	86	46
9	Otras fuentes de combustión industrial	Actividades de impresión	Imprentas	51	1	47	3
10		Fundiciones de hierro y acero	Fundiciones artesanales	10	9	0	1
Total Fuentes Puntuales				3			
Total Fuentes de Area				561			
Total Fuentes Fijas				564			



5.3.2 Fuentes Móviles

El universo de fuentes móviles en la cuenca atmosférica de Huancayo corresponde a información proporcionada por la oficina regional de SUNARP para el año 2000.

Clase de Vehículo	Nº Unidades	
	Año 2000	
Automóvil	12769	
Station Wagon	4987	
Camioneta	Pick Up	6275
	Rural	4646
	Panel	128
Ómnibus	2667	
Camión	8283	
Remolcador	384	
Remolque - Semiremolque	488	
Vehículos menores	2913	
Total	43540	

5.4 Determinación del Tamaño Muestral

Por sus características particulares definidas anteriormente, tanto las fuentes de área como las fuentes móviles requieren de la determinación de un número representativo de ellas que permitan caracterizar el universo. En ese sentido, se aplicó el Muestreo Aleatorio Estratificado con error del 5% y nivel de confianza del 95%.

En la ciudad de Huancayo, las variables y estimaciones fueron las siguientes:

5.4.1 Fuentes Fijas de Area

$$n_0 = \frac{Z^2_{(1-\alpha/2)} \times p \times q}{\xi^2} \quad \dots\dots (1)$$

donde:

Nivel de Significancia:	$(1 - \alpha)$	=	95%	
Error Relativo:	ξ	=	5%	0.05
$Z^2_{(1-\alpha/2)}$	=	1.96		
P = proporción =	0.5	entonces;	q = 1-p =	0.5

Entonces, reemplazando en (1):

$$n_0 = \frac{Z^2_{1.(1.96)} \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2}$$

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

REGLA DE DECISIÓN:

$$\frac{n_0}{N} < 0.05 \Rightarrow n = n_0 \quad \text{ó} \quad \frac{n_0}{N} \geq 0.05 \Rightarrow n = n \quad \boxed{n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}}$$

Reemplazando valores:

$$\frac{n_0}{N} = 0.69 > 0.05$$

Entonces : $n = 228.31$

Redondeo: $n = 229$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 229 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría y por distrito de la cuenca, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría	Muestra calculada por Distrito		
		Chilca	Huancayo	El Tambo
Pollerías	51	6	26	19
Panaderías	35	6	20	9
Saunas	22	5	11	6
Molinos	13	6	5	2
Grifos	19	6	5	8
Uso de pinturas y solventes	64	10	35	19
Imprentas	21	1	19	1
Fundiciones artesanales	4	3	0	1

5.4.2 Fuentes Móviles

$$n_0 = \frac{Z^2_{(1-\alpha/2)} \times p \times q}{\xi^2} \quad \dots\dots (1)$$

donde:

Nivel de Significancia: $(1 - \alpha) = 95\%$
 Error Relativo: $\xi = 5\% \quad 0.05$
 $Z^2_{(1-\alpha/2)} = 1.96$
 P = proporción = 0.5 entonces; q = 1-p = 0.5

Entonces, reemplazando en (1):

$$n_0 = \frac{Z^2_{1.(1.96)} \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2}$$

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

REGLA DE DECISIÓN:

$$\frac{n_0}{N} < 0.05 \Rightarrow n = n_0 \quad \text{ó} \quad \frac{n_0}{N} \geq 0.05 \Rightarrow n = n \quad n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Reemplazando valores:

$$\frac{n_0}{N} = 0.008842444 < 0.05$$

Entonces : $n = 385$

La muestra determinada en 385 se distribuye de acuerdo a cada categoría vehicular, como se indica a continuación:

Clase de Vehículo		Muestra
Automóvil		113
Station Wagon		44
Camioneta	Pick Up	56
	Rural	41
	Panel	1
Ómnibus		24
Camión		73
Remolcador		3
Remolque - Semiremolque		4
Vehículos menores		26
Total		385

6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES

6.1 Emisiones Anuales

Las emisiones anuales en la cuenca atmosférica de Huancayo han sido desagregadas en tres grandes grupos que corresponden a las fuentes puntuales, fuentes de área y fuentes móviles, tal como se muestra en la Tabla N° 1. De ella se determina que el contaminante emitido en mayor cantidad en la cuenca es el monóxido de carbono (CO), totalizando 19939 Ton/año, de las cuales el 94.3% constituyen aporte vehicular.

En segundo y tercer lugar se tienen a los óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV) con 7675 Ton/año y 4105 Ton/año respectivamente. En ambos casos son las fuentes móviles las que generan el mayor aporte.

De las 769 Ton/año de partículas totales en suspensión (PTS) emitidas a la atmósfera de la cuenca atmosférica de Huancayo, aproximadamente el 95% corresponde a partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10), dado que en su mayoría corresponden a procesos de combustión.

Las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) alcanzan 2978 Ton/año, mientras que el elemento plomo tiene un aporte menos significativo de 44 Ton/año.

De la Tabla N° 2 es importante indicar que en todos los casos (PTS, PM-10, SO₂, NOx, CO, COV y Pb) son las fuentes móviles las que determinan las más altas emisiones, por encima del 80%. La participación de las fuentes puntuales es muy baja por existir muy pocas en la cuenca.

Tabla N° 1 . Inventario de Emisiones Anuales de la Ciudad de Huancayo – Año 2000

Sector	Emisiones (Ton/año)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	22	19	47	7	115	58	0
Fuentes de Area	123	97	7	33	1022	622	< 1
Fuentes Móviles	624	617	2924	7635	18802	3425	44
Total	769	733	2978	7675	19939	4105	44

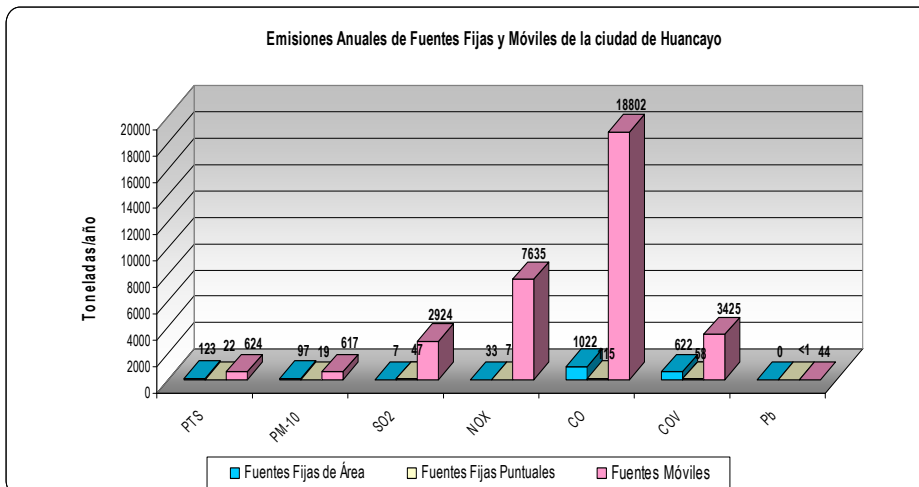


Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de la Ciudad de Huancayo – Año 2000

Sector	Emisiones (%)						
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	2.9	2.6	1.6	0.1	0.6	1.4	0.0
Fuentes de Area	16.0	13.2	0.2	0.4	5.1	15.2	0.1
Fuentes Móviles	81.1	84.2	98.2	99.5	94.3	83.4	99.9
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

En las Tablas N° 3 y N° 4 se muestra el inventario de fuentes fijas y móviles desagregado para la cuenca atmosférica de Huancayo, evidenciándose que los principales contribuyentes de CO (que es el contaminante de mayor emisión) corresponden a los automóviles y camiones, que en su conjunto emiten 11472 Ton/año.

Tabla N° 3. Emisiones de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Huancayo (desagregado)

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						COV	Pb
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO			
Fuentes Puntuales										
Actividades industriales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	02	19	17	< 1	2	114	58	0	
	Acabado de productos textiles	01	3	2	47	5	< 1	< 1	0	
Fuentes de Area										
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	124	43	41	< 1	28	677	24	0	
	Fabricación de productos de panadería	85	32	28	4	4	292	96	0	
	Suministro de vapor y agua caliente	54	16	14	< 1	1	54	4	< 1	
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	33	31	12	0	0	0	0	0	
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	48	0	0	0	0	0	50	0	
Evaporación de solventes por fuentes de área	Uso de pinturas y solventes	156	0	0	0	0	0	441	0	
	Actividades de impresión	51	0	0	0	0	0	8	0	
Otras fuentes de combustión industrial	Fundiciones de hierro y acero	10	1	1	2	1	< 1	< 1	< 1	
EMISIONES TOTALES FUENTES FIJAS			145	116	54	40	1137	680	< 1	

Tabla N° 3A. Emisiones de Partículas según su Procedencia

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
Fuentes Puntuales						
Actividades industriales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	02	-	19	-	17
	Acabado de productos textiles	01	-	3	-	2
Fuentes de Area						
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	124	-	43	-	41
	Fabricación de productos de panadería	85	-	32	-	28
	Suministro de vapor y agua caliente	54	-	16	-	14
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	33	31	-	12	-
Otras fuentes de combustión industrial	Fundiciones de hierro y acero	10	-	1	-	1

Tabla N° 4. Emisiones de Fuentes Móviles en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Huancayo (desagregado)

Categoría Vehicular	Clasificación	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	Pb
Automóvil		12769	79	76	344	1042	8263	1127	20
Station Wagon		4987	35	34	179	304	1795	256	3
Camioneta	Pick Up	6275	17	16	65	304	2535	336	11
	Rural	4646	50	50	286	237	834	108	3
	Panel	128	< 1	< 1	2	1	1	< 1	0
Omnibus		2667	127	126	586	1652	1719	442	1
Camión		8283	298	297	1394	3895	3209	967	5
Remolcador		384	7	7	35	111	17	13	0
Remolque - Semiremolque		488	8	8	33	88	100	15	< 1
Vehículos Menores		2913	2	2	1	2	328	160	0
EMISIONES TOTALES FUENTES MOVILES			624	617	2924	7635	18802	3425	44

Tabla N° 4. Emisiones Porcentuales en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Huancayo (desagregado)

Estrato	Descripción	Emisión (%)						
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales								
Actividades industriales que realizan combustión	Fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural	2.4	2.3	<0.05	<0.05	0.6	1.4	0.0
	Acabado de productos textiles	0.4	0.3	1.6	0.1	<0.05	<0.05	0.0
Fuentes de Area								
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	5.7	5.6	<0.05	0.4	3.4	0.6	0.0
	Fabricación de productos de panadería	4.1	3.9	0.1	0.1	1.5	2.3	0.0
	Suministro de vapor y agua caliente	2.1	1.9	<0.05	<0.05	0.3	0.1	<0.05
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	4.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0
Evaporación de solventes por fuentes de área	Uso de pinturas y solventes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0
	Actividades de impresión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Otras fuentes de combustión industrial	Fundiciones de hierro y acero	0.1	0.1	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	0.1

Estrato	Descripción	Emisión (%)							
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb	
Fuentes Móviles									
Automóvil		10.3	10.3	11.5	13.6	41.4	27.5	45.7	
Station Wagon		4.6	4.7	6.0	4.0	9.0	6.2	8.0	
Camioneta	Pick Up	2.2	2.2	2.2	4.0	12.7	8.2	24.4	
	Rural	6.5	6.8	9.6	3.1	4.2	2.6	7.5	
	Panel	<0.05	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	0.0	
Omnibus		16.5	17.2	19.7	21.5	8.6	10.8	2.9	
Camión		38.7	40.6	46.8	50.7	16.1	23.6	10.6	
Remolcador		0.9	1.0	1.2	1.4	0.1	0.3	0.0	
Remolque - Semiremolque		1.0	1.1	1.1	1.1	0.5	0.4	0.8	
Vehículos Menores		0.3	0.2	<0.05	<0.05	1.6	3.9	0.0	
EMISIONES TOTALES		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

6.2 Emisiones por Contaminante

En la generación de las emisiones totales, no todas las fuentes contribuyen de manera uniforme por tipo de contaminante, algunas tienen mayor peso en la emisión de ciertos contaminantes debido a los procesos que se dan en cada una de ellas, por lo tanto es importante conocer cuáles son los sectores del inventario que tienen una mayor contribución.

Partículas Totales en Suspensión (PTS) y menores a 10 micras (PM-10)

Haciendo un análisis de la contribución de los diferentes sectores en la generación de partículas, se identificó que en la cuenca atmosférica de Huancayo el contaminante PTS es mayoritariamente emitido por dos grandes estratos calificados como fuentes móviles:

- Camiones con 298 Ton/año
- Ómnibus con 127 Ton/año

Estas emisiones en su conjunto representan el 55.2% del total emitido en la cuenca. Es importante indicar que el significativo aporte de estas categorías se encuentra asociado al número de unidades existentes que alcanza 8283 camiones y 2667 ómnibus. Estos volúmenes ubican al parque automotor de camiones como el segundo en magnitud, sólo después de los automóviles.

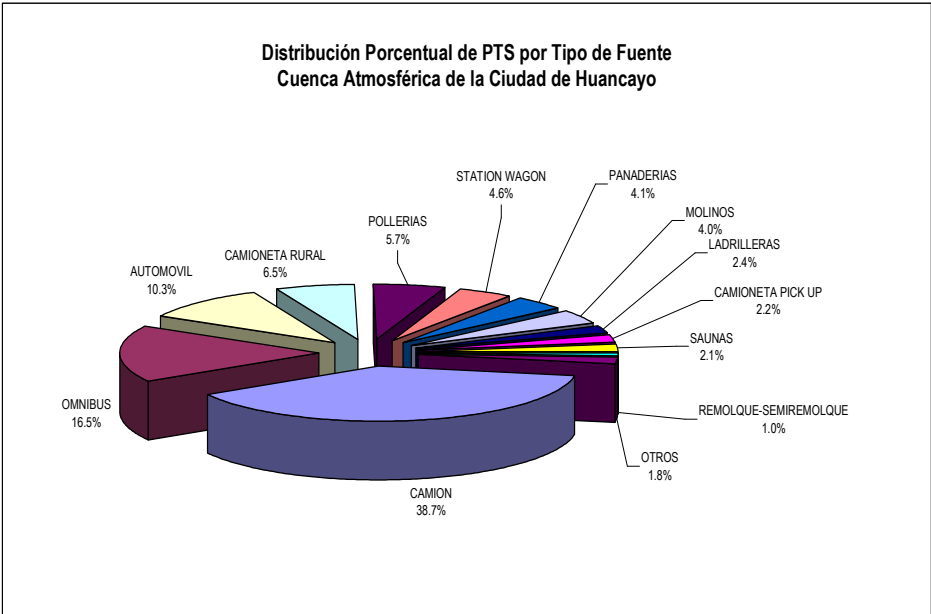
De otro lado, predomina en estas dos categorías el empleo del Diesel como combustible, siendo la emisión de partículas totales igual a 0.90 Kg/1000 Km más del 100% superior al factor de emisión para vehículos pesados a gasolina.

También poseen emisiones mayores a todas las categorías de fuentes puntuales y de área, los automóviles con 79 Ton/año y las camionetas rurales con 50 Ton/año.

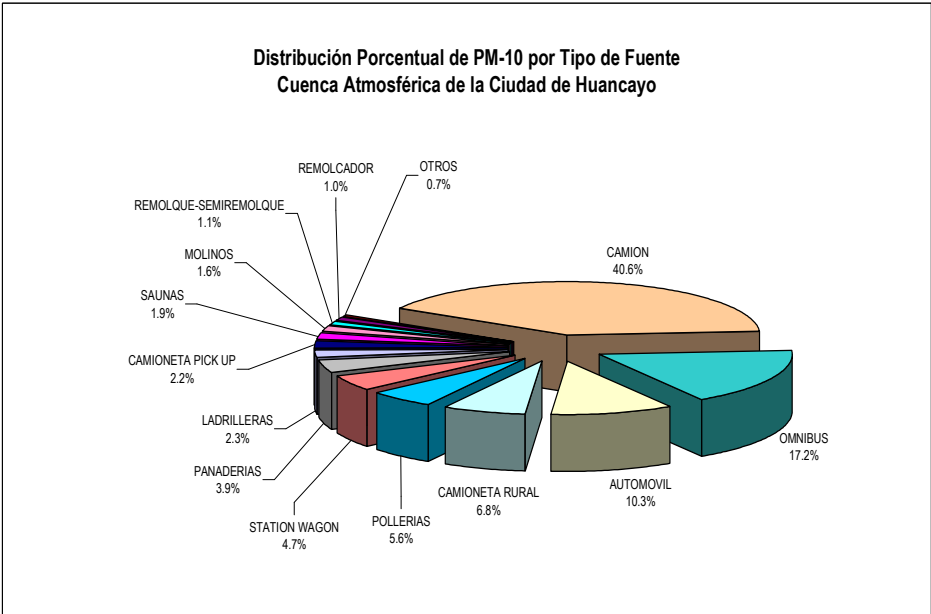
Dentro de las fuentes de área merecen destacar las actividades comerciales y de servicios que realizan combustión con 43 Ton/año por la combustión del carbón vegetal en las pollerías y 32 Ton/año en las panaderías que emplean como combustible la leña, el kerosene y el petróleo diesel.

Los molinos existentes en la cuenca totalizan 33, y significan un aporte menor del 4% del total de PTS, siendo este y el PM-10 los únicos contaminantes que los caracterizan. Cabe indicar que los granos son trigo, maíz, soya y avena.

El aporte de las demás fuentes es menor y poco significativo, aún de las fuentes puntuales donde el aporte por la fabricación de arcillas y cerámicas no refractarias para uso estructural (ladrilleras) representa sólo el 2.4% del total emitido en la cuenca.



De igual forma, en el caso de las partículas en suspensión menores a 10 micras, se tiene que las categorías de fuentes móviles mencionadas aportan el 57.8% del total emitido en la cuenca que corresponde a 423 Ton/año, siendo la distribución de manera similar a las PTS, 17.2% ómnibus y 40.6% camiones.



Es importante señalar que en el caso de las fuentes móviles el 99% de las partículas totales está constituida por la fracción menor a 10 micras, debido a que son eminentemente procesos de combustión interna que inclusive emiten partículas de diámetro aerodinámico inferior a 1 micra. En el caso del combustible Diesel 2, el 100% del PTS es PM-10, mientras que para la Gasolina es el 90%.

En relación a las fuentes fijas, aunque poseen un aporte mucho menor, se aprecia en la Tabla N° 3A que las emisiones de partículas corresponden en su mayoría a procesos de combustión, tanto para fuentes puntuales como de área, a excepción de los molinos de granos en los cuales su emisión es totalmente proveniente del proceso de molienda. Cabe señalar que en este caso el PM-10 representa el 39% de las partículas totales, porcentaje bastante inferior en relación a las emisiones de combustión.

Tanto para las PTS como para las PM-10, la categoría "otros" está constituida por el rubro de textiles (a pesar de ser una fuente puntual), fundiciones, vehículos menores y camioneta panel principalmente.

Dióxido de Azufre (SO₂)

En relación al contaminante dióxido de azufre, se tiene una emisión mayoritaria de 66.5% también proveniente de los camiones con 1394 Ton/año (46.8%) y ómnibus con 586 Ton/año (19.7%).

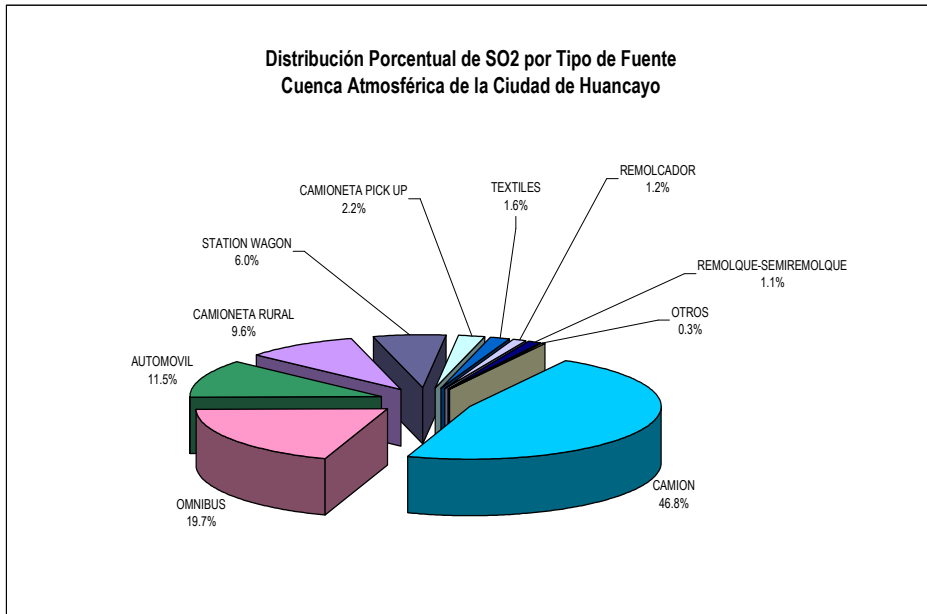
El factor determinante en las emisiones de SO₂ es el contenido de azufre en el combustible empleado en la operación del vehículo, siendo para el caso del Diesel 1% ó 10000 ppm. Se debe indicar que el Diesel empleado en el Perú es uno de los más "sucios" a nivel mundial.

Entonces, dado que los camiones y ómnibus emplean predominantemente el Diesel y como se ha señalado anteriormente poseen un parque automotor importante en la cuenca, sus emisiones de SO₂ resultan ser las mayores.

Los automóviles, camionetas rurales y station wagon también poseen aportes significativos de SO₂, del orden de 344, 286 y 179 Ton/año respectivamente.

Dentro de las fuentes puntuales, el acabado de productos textiles cobra importancia en la emisión de SO₂ con 47 Ton/año emitidas por una única fuente, aunque representa sólo el 1.6% de la emisión total en la cuenca. Este aporte es debido principalmente al empleo de petróleo residual como combustible, que posee 3.5% de contenido de azufre.

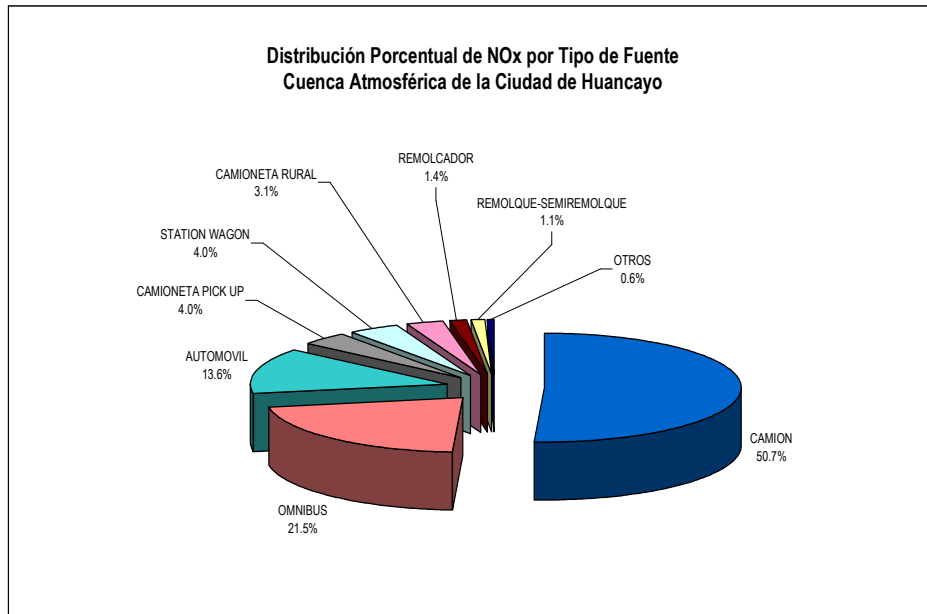
Los aportes de las demás fuentes son menores y se grafican en la categoría "otros".



Oxidos de Nitrógeno, NO_x

Al igual que para el caso del PTS, PM-10 y SO₂, los camiones y ómnibus constituyen las mayores emisiones de óxidos de nitrógeno en la cuenca, representando un aporte total de 5547 Ton/año que equivale al 72.2% del total emitido en la cuenca que sumado a las 1042 Ton/año de los automóviles llega al 85.8%.

En ese sentido, las demás fuentes de emisión poseen una mínima significancia.



En relación a la emisión vehicular de NOx, se debe señalar que la mayor emisión unitaria corresponde a los vehículos pesados con motor Diesel, como son los camiones y ómnibus, que alcanzan 11.8 Kg/1000 Km, versus los vehículos ligeros que sólo emiten 0.7 Kg/1000 Km.

Monóxido de Carbono, CO

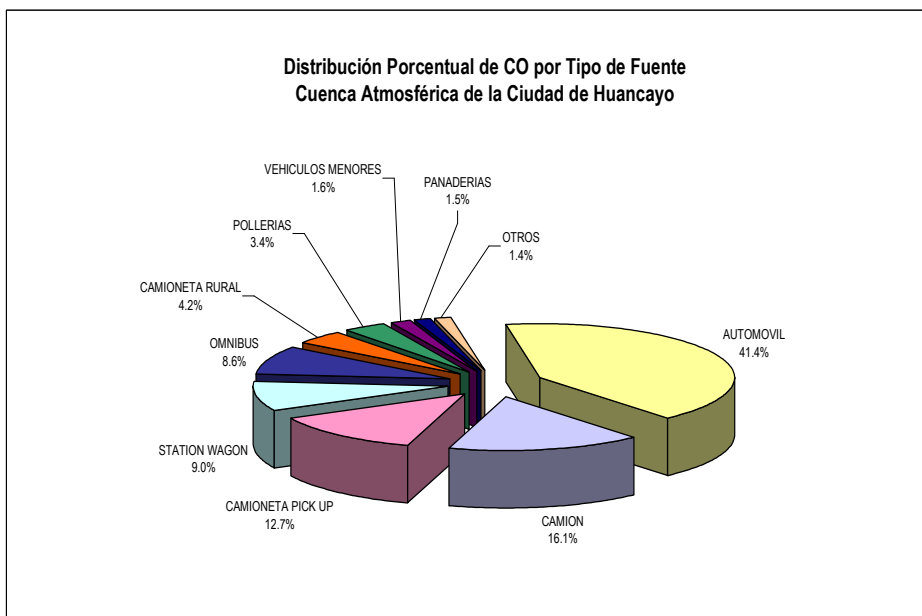
Aún cuando para el caso del monóxido de carbono siguen siendo las fuentes móviles las causantes de las mayores emisiones, la distribución dentro de esta categoría es diferente a los contaminantes anteriores, dado que los automóviles constituyen el aporte más importante de CO con 8263 Ton/año que representan el 41.4% del total emitido en la cuenca.

El monóxido de carbono es un gas producto de la combustión incompleta, y en relación a las fuentes móviles es mayormente emitido por los vehículos con motor a gasolina, que en el caso de los automóviles corresponde al 69% del total de unidades existentes en la cuenca.

Debe indicarse que la emisión unitaria se incrementa al tratarse de vehículos pesados con motor a gasolina, siendo 70 Kg/1000 Km de recorrido, aunque estos alcanzan menos del 20% de los camiones y ómnibus que circulan en la ciudad de Huancayo.

El segundo lugar en la emisión de CO corresponde a los camiones con 3209 Ton/año, seguido de las camionetas pick up con 2535 Ton/año, los station wagon y ómnibus con 1795 y 1719 Ton/año respectivamente.

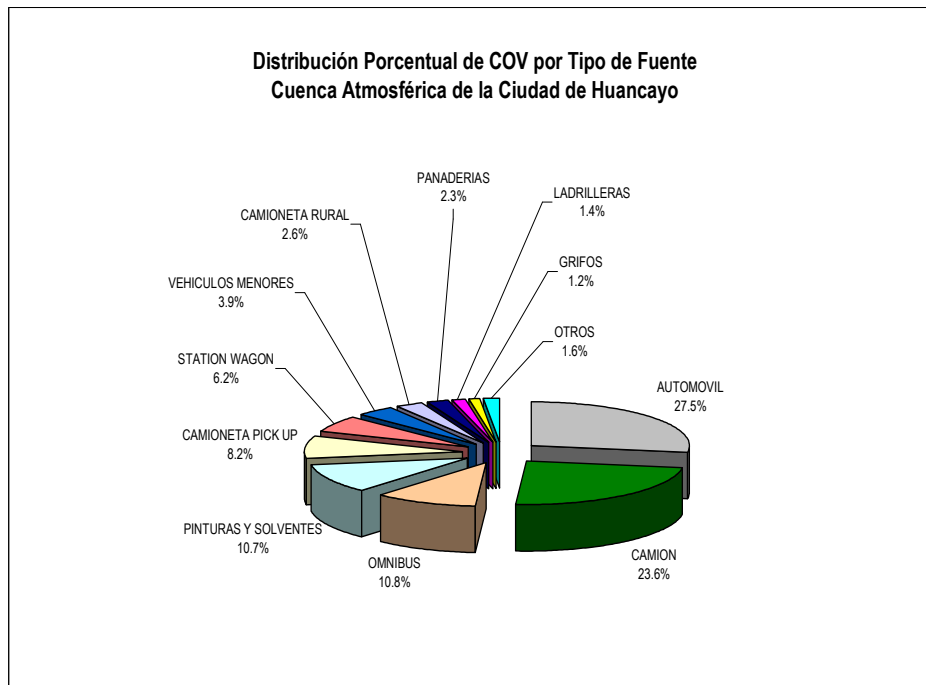
Dentro de las fuentes fijas, las dos principales actividades comerciales que realizan combustión son las pollerías y panaderías que aportan en conjunto el 4.9% de las emisiones de CO en la cuenca; mientras que las dos ladrilleras calificadas como fuentes puntuales emiten 114 Ton/año pero representan sólo el 0.6% de la emisión total por lo cual pasan a formar parte de la categoría "otros" dentro del Gráfico adjunto.



Compuestos Orgánicos Volátiles, COV

Al igual que sucede con la emisión de CO, el más importante aporte de compuestos orgánicos volátiles lo constituyen los automóviles con 1127 Ton/año, sin dejar de lado a los camiones que aportan 967 Ton/año. Estas dos categorías vehiculares en su conjunto representan más del 50% de la emisión total de COV en la cuenca.

En este caso, se manifiesta una fuente fija de área cuyo aporte de COV de 441 Ton/año es muy similar al aporte producido por los ómnibus (442 Ton/año), que se ubican en el tercer lugar de emisión. Esta fuente corresponde al uso de pinturas y solventes, que en su conjunto totalizan un consumo de 681 Ton/año entre pintura, barniz, laca, esmalte, thinner, aguarrás y bencina. La mayor emisión unitaria corresponde a los solventes, aunque los productos más usados son la pintura, el thinner y el esmalte en orden de prioridad.

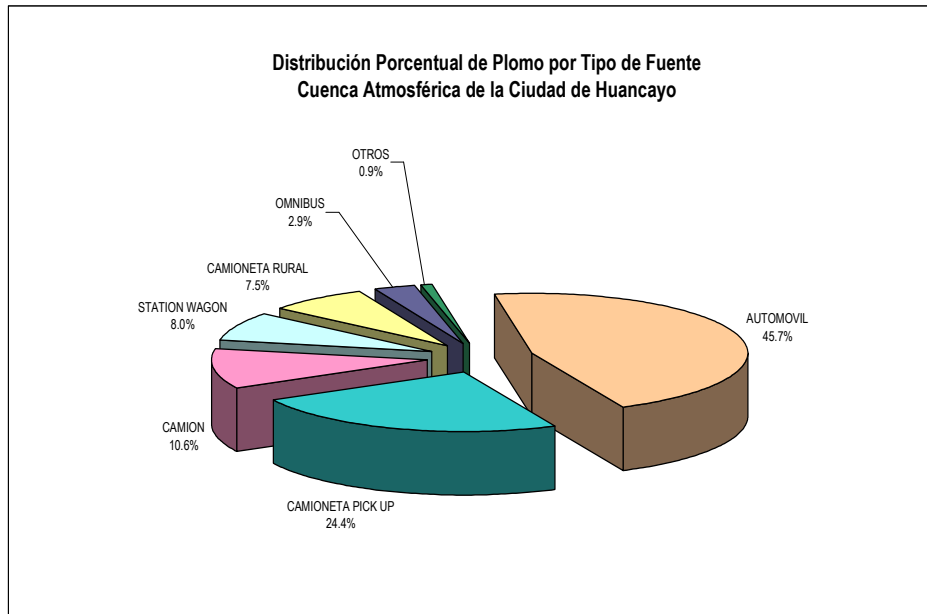


Plomo

Los principales aportantes de plomo en la cuenca atmosférica de Huancayo son las fuentes móviles, principalmente los vehículos que aún emplean la gasolina de 84 octanos como combustible cuyo contenido de plomo es 0.84 g/L, entre los que se encuentran los automóviles con 20 Ton/año (34% de uso de G84) y las camionetas pick up que emiten 11 Ton/año (68% de uso de G84).

Dentro de las fuentes fijas existen dos identificadas como aportantes de plomo, aunque en cantidades poco significativas, las fundiciones de hierro y acero y el suministro de vapor y agua caliente a través de los saunas, en ambos casos debido al empleo de aceite residual como combustible, el cual alcanza un contenido de plomo del 1%.

La distribución de las emisiones de plomo se grafica a continuación:

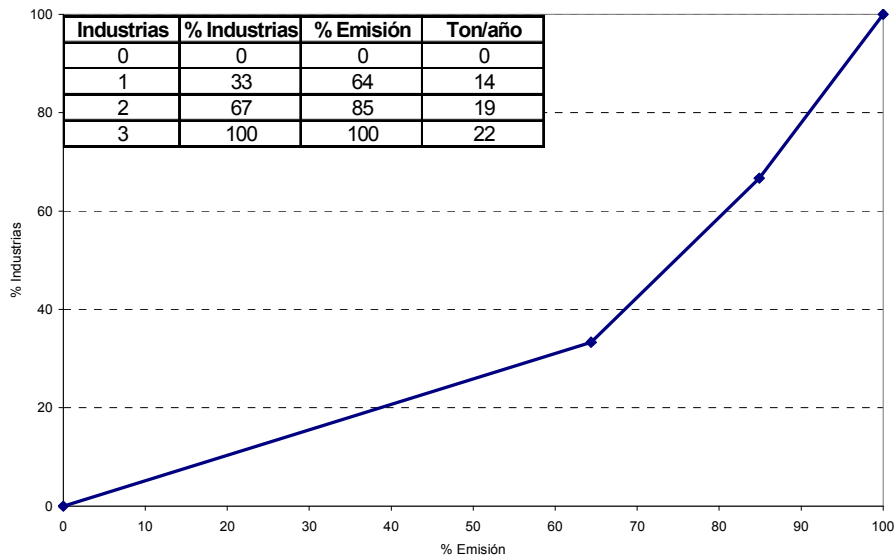


6.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más contaminantes

En las siguientes gráficas se hace un análisis del número de industrias (fuentes puntuales) que contribuyen significativamente a la emisión de cada uno de los contaminantes criterio evaluados en la cuenca atmosférica de Huancayo.

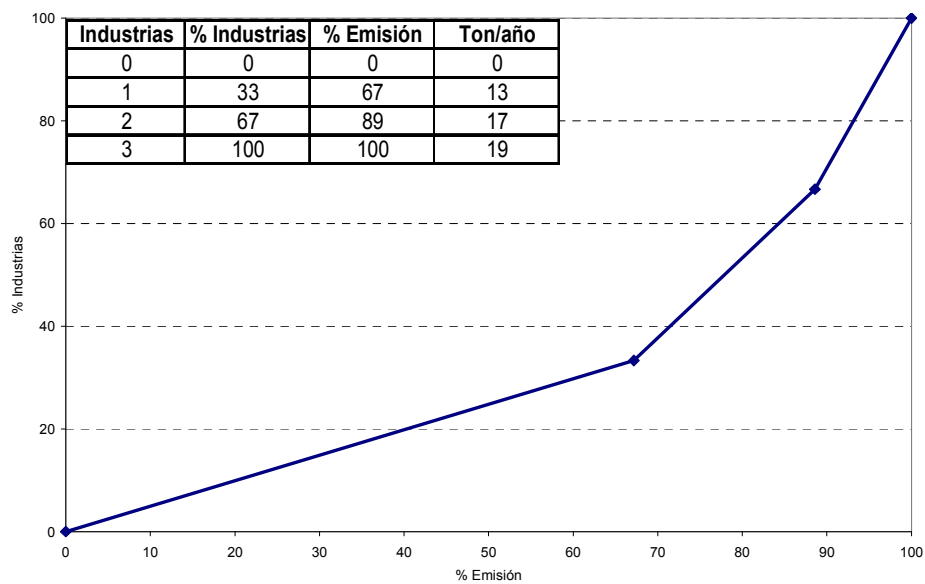
En la Gráfica se aprecia que en la emisión de PTS para la cuenca atmosférica de Huancayo, el 67% de las industrias (02) contribuyen con el 85% de las emisiones de este contaminante; sin embargo, se debe indicar que de acuerdo a lo señalado en el acápite 5.5.1, las fuentes puntuales en relación a este contaminante representan sólo el 2.9%, siendo más significativas las fuentes móviles.

Número de Industrias más emisoras de PTS



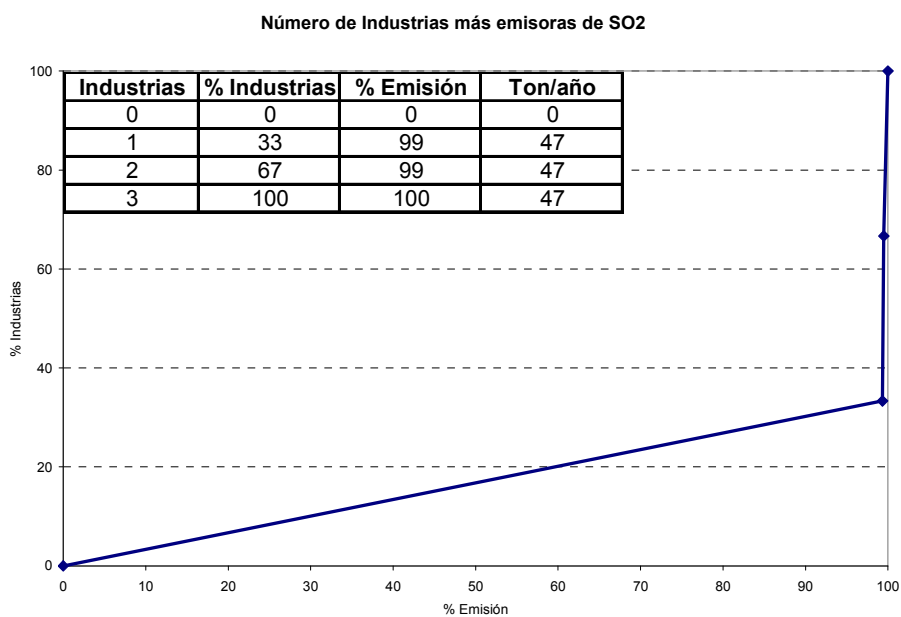
De manera similar, para el PM-10 se tiene que el 67% de las industrias tienen una cobertura del 89% de las emisiones totales de la cuenca.

Número de Industrias más emisoras de PM-10



En este sentido, debe recordarse que el total de emisiones de partículas de las fuentes puntuales corresponden a actividades de combustión.

Para el caso del SO₂, el Gráfico es muy determinante y muestra que el 99% de la emisión de este gas se concentra en el 33% de las industrias (sólo una dedicada al acabado de productos textiles), y que varía mínimamente con la incorporación de las demás industrias.



En relación a los contaminantes NO_x, CO, COV y plomo, la situación es la misma referida para el caso de las PTS, donde la contribución de las fuentes puntuales representa menos del 2% del aporte producido en la cuenca atmosférica de Huancayo.

7. CONCLUSIONES

La elaboración del inventario de emisiones integrado para la cuenca atmosférica de la ciudad de Huancayo, que incluye tanto las emisiones de fuentes fijas como de fuentes móviles, ha permitido establecer las conclusiones siguientes:

- 7.1 Las fuentes móviles constituyen los principales aportantes de gases y partículas a la cuenca atmosférica de la ciudad de Huancayo, siendo el aporte de las fuentes puntuales y de área menos significativo.
- 7.2 El contaminante mayormente emitido en la cuenca atmosférica de Huancayo es el monóxido de carbono, sin embargo, se debe indicar que este gas es de rápida difusión, reduciéndose sus concentraciones a cortas distancias de sus puntos de emisión.
- 7.3 La cuenca atmosférica de Huancayo sólo cuenta con tres fuentes puntuales comprendidas en los rubros de fabricación de arcillas para uso estructura y textilera, siendo destacable en este último caso las emisiones de dióxido de azufre producto de la combustión de petróleo residual en la industria textil.
- 7.4 Los camiones y ómnibus contribuyen con las mayores emisiones de partículas totales en suspensión, partículas menores a 10 micras, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, debido al tipo de combustible empleado por estas unidades que es el Diesel 2 y al importante tamaño del parque vehicular en cada caso.
- 7.5 Las emisiones de material particulado de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras, de importancia para la salud dada su facilidad para ingresar al sistema respiratorio humano, representan aproximadamente el 95% de las emisiones totales del particulado en la cuenca atmosférica de Huancayo.
- 7.6 El alto contenido de azufre en el Diesel que se distribuye en el país es la principal causa de las emisiones de dióxido de azufre.
- 7.7 Las emisiones de monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles se atribuyen en mayor medida a los automóviles, por el empleo de las gasolinas como combustible en más del 60% de las unidades en circulación en la cuenca.
- 7.8 Los procesos de combustión desarrollados en las pollerías constituyen un significativo aporte de monóxido de carbono por parte de las fuentes de área.

- 7.9 Además de las fuentes móviles, un importante aporte de compuestos orgánicos volátiles es debido al uso de pinturas y solventes.
- 7.10 El uso de la Gasolina de 84 Octanos principalmente en automóviles y camionetas de uso particular es la causa de las mayores emisiones de plomo.

BIBLIOGRAFIA
Inventario de Emisiones
Cuenca Atmosférica de la ciudad de Huancayo

1. Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire. Alexander Economopoulos. Parte I: Técnicas para el Inventario Rápido de la Contaminación Ambiental. Organización Mundial de la Salud. Ginebra. 1993.
2. Anuario Estadístico 2000. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad. Dirección de Promoción y Estadística.
3. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen III – Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
4. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen V – Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes de Area. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
5. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen IV – Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes Puntuales. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
6. Cuaderno de Trabajo para la Capacitación Avanzada en la Metodología para el Proyecto del Inventario de Emisiones de México. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
7. Inventario de Emisiones a la Atmósfera. Zona Metropolitana del Valle de México 2000. Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal.
8. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. Volumen II – Fundamentos de Inventarios de Emisiones. Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver – Colorado y el Comité Asesor Binacional. Radian International. 1997.
9. Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner's Guide for Point and Area Sources. Office of Air Quality. United States Environmental Protection Agency.
10. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Vol 1: Stationary Point and Area Sources. AP-42 USEPA. 1985.

11. Inventario de Emisiones Atmosféricas de la Región Metropolitana para 1997 y Proyecciones al 2005. Comisión Nacional del Medioambiente. Chile. 1997.
12. Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambulantes (Asadores al Carbón). Reporte Final. Preparado para la Oficina de Investigación y Desarrollo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Washington DC.
13. Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Primera Comunicación. Junio 2001.
14. Evaluation of the 1998 Emissions Inventory for the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico. ERG Inc. Prepared for: Western Governors' Association Denver, Colorado and Binational Advisory Committee. 2003.
15. Anuario Estadístico de Hidrocarburos 2000. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos. Dirección de Promoción y Estadística.
16. Emisiones al Aire de la Combustión de Llantas Usadas. USEPA.
17. Anuario Minero 2001. Ministerio de Energía y Minas. Sub Sector Minería. Dirección General de Minería. Dirección de Promoción y Estadística.
18. Inventario de Emisiones a la Atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México 1996. Secretaría de Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal.
19. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
20. California Environmental Protection Agency. Air Resource Board. Public Meeting to consider Approval of Revisions to the State's on-road Motor Vehicle Emissions Inventory. Technical Support Document. May 2000 (4.12).