

**DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA**

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

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



DICIEMBRE 2005

INDICE
Inventario de Emisiones
Cuenca Atmosférica de la ciudad de Chimbote

	Pàg.
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	13
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	16
5.3.1 Fuentes Fijas	16
5.3.2 Fuentes Móviles	18
5.4 Determinación del Tamaño Muestral	19
5.4.1 Fuentes Fijas de Area	19
5.4.2 Fuentes Móviles	20
5.5 Estimación de Emisiones	22
5.5.1 Emisiones Anuales	22
5.5.2 Emisiones por Contaminante	30
5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más Contaminantes	42
6. CONCLUSIONES	46
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

Inventario de Emisiones

Cuenca Atmosférica de la ciudad de Chimbote

1. Introducción

En el contexto de las actividades de gestión ambiental en el país, se publicó en el año 2001 el D.S. Nº 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. Nº 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 Chimbote, 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 Chimbote integra cuatro distritos, cuya cobertura poblacional se indica a continuación:

Distrito	Superficie Distrital (Km²)	Población 2002	Superficie involucrada (Km²)	Población involucrada
Santa	42.23	16,802	42.23	16,802
Coishco	9.21	15,432	9.21	15,432
Chimbote	1,467.00	256,850	294.35	256,850
Nuevo Chimbote	389.73	75,945	94.68	75,945
Total	1,908.17	365,029	440.37	365,029

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática- Censos Nacionales IX de Población y VI de Vivienda, 1993-Datos generales al 2002.

4. Metodología

El presente inventario de emisiones 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 emplearon las metodologías indicadas a continuación:

- *Pollerías con quema de carbón vegetal :*
"Emisiones de los Aparatos de Cocina de los Vendedores Ambientales (Asadores al Carbón)". Preparado por Suh Y. Lee por contrato de la EPA Nº 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

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 de emisión han sido agrupadas de la manera siguiente:

- 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 Pesqueras, fundiciones y industrias de alimentos.

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 Chimbote, 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 de la industria alimentaría	Industrias de harina y conserva de pescado	Pesqueras	Puntual
2		Plantas procesadoras de flor de marigol	-	Puntual
3	Industria de Hierro y acero	Industria siderúrgica	Siderúrgica	Puntual
4	Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	Terminales	Puntual
5	Actividades productivas de molinería	Molinos de granos	Molinos	Área
6	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Fabrica de productos de panadería	Panaderías	Área
7		Pollerías	Pollerías	Área
8		Restaurantes	Restaurantes categorizados	Área
9	Otras fuentes de combustión industrial	Fundiciones de hierro y acero	-	Área
10		Fundiciones de metales no ferrosos	-	Área
11		Plantas de tratamiento de aceite de pescado	-	Área
12	Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	-	Área
13		Aserraderos de madera	-	Área
14		Fábricas de ladrillos de arcilla		Área
15		Fábricas de ladrillos de cemento		Área
16	Evaporación de solventes por fuentes de área	Talleres automotrices	-	Área
17		Actividades de impresión	Imprentas	Área
18		Empresa Metal Mecánica	-	Área
19	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Área
20	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Hospedaje categorizado	-	Área
21		Lavanderías	-	Área

Estas totalizan cuatro categorías de fuentes puntuales y diecisiete categorías de fuentes de área.

5.1.2 Fuentes Móviles

Nº	Estrato	Tipo
1	Automóvil	Particular y de servicio público
2	Station Wagon	Particular y de servicio público
3		Pick Up
4	Camioneta	Rural
5		Panel
6	Ómnibus	< y > 24 asientos
7	Camión	-
8	Remolcador	-
9	Vehículos Menores	2 y 4 Tiempos

5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

5.2.1 Fuentes Fijas

Entre las fuentes puntuales identificadas en la ciudad de Chimbote, se tienen dos rubros principales: las empresas pesqueras y la siderúrgica, cuyas características principales de producción son las siguientes:

Empresas Pesqueras

La categoría de empresas pesqueras está conformada por 41 establecimientos, los cuales producen conservas de pescado y/o harina de pescado, según se detallan a continuación:

- 11 empresas de producción de harina y conservas de pescado
- 27 empresas de producción de harina de pescado
- 25 empresas de producción de enlatados

Son dos las tecnologías de procesamiento aplicadas, según los porcentajes que se indican:

Producción	Producción Promedio, Ton/año	Tipo de Tecnología	%
Harina de Pescado	17545	Secado a fuego directo	81.0
		Secado a vapor con tubos	19.0
Enlatados	1484	Secado a fuego directo	96.0
		Secado a vapor con tubos	4.0

El consumo de combustible por tipo de producción se muestra a continuación:

Producción	Consumo, Galones/año		
	Diesel 2	Residual 500	Bunker 6
Harina	13 087 144	11 848 737	10 524 795
Enlatado	69 158	108 208	4 513 511
Total	13 156 302	11 956 945	15 038 306

Producción	Consumo, %		
	Diesel 2	Residual 500	Bunker 6
Harina	99.47	99.10	69.99
Enlatado	0.53	0.90	30.01
Total	100.00	100.00	100.00

El consumo global de combustible entre todas las empresas pesqueras se distribuye como se indica:

Tipo de Combustible	Consumo, Galones/año	%
Diesel 2	13 156 302	32.77
Residual 500	11 956 945	29.78
Bunker 6	15 038 306	37.45
Total	40 151 553	100.00

El volumen de producción, así como la cantidad de pescado procesado por tipo de productos elaborados se indica a continuación:

Producción	Producción, Ton/año	Pescado Procesado, Ton/año
Harina	473 706.00	1 894 824.01
Enlatado	37 097.32	185 486.61
Total	510 803.32	2 080 310.62

Siderúrgica

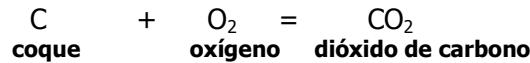
Los principales procesos productivos desarrollados en la siderúrgica se describen a continuación:

Fabricación del Arrabio

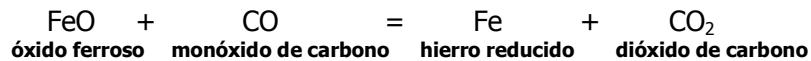
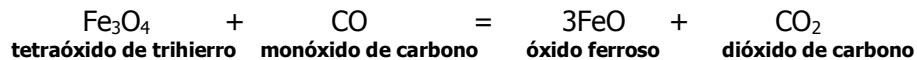
El arrabio se fabrica en el Alto Horno, que es una instalación de acción continua, con una capacidad de producción de 900 a 1000 Ton/día.

Los materiales que ingresan al Alto Horno son: el mineral de hierro (pellets), coque, caliza, cuarcita, dolomita y aire, y como materiales salientes se tiene arrabio, escoria, gases y polvo.

En el nivel de las toberas reacciona el oxígeno del aire con el carbono del coque, formando monóxido de carbono, de acuerdo con las siguientes reacciones:



El monóxido de carbono reacciona con los minerales de hierro (pellets), produciéndose las reacciones más importantes del Alto Horno:



* tetraóxido doble de hierro(II)-dihierro(III)

El hierro reducido en el alto horno se alea con el carbono del coque y forman el arrabio, que es el producto más importante.

Planta de Acero Convertidores LD

En los convertidores LD se transforma el arrabio en acero mediante la inyección de oxígeno dentro de los convertidores, produciendo la combustión del carbono, el cual sale del convertidor en forma de CO y CO₂.

El oxígeno se inyecta dentro del convertidor por medio de lanzas tipo laval. Los convertidores (dos) tienen una capacidad nominal de 30 toneladas por colada y una capacidad de producción de 330000 Ton/año.

La carga que ingresa al convertidor LD es arrabio líquido, chatarra de acero o hierro esponja, mineral de manganeso, espato flúor, cal y oxígeno; y se obtienen como productos acero, escoria, polvos y gases.

Planta de Acería Horno de Arco Eléctrico

En los hornos de arco eléctrico se produce acero utilizando como materias primas la chatarra de acero, hierro esponja, arrabio sólido, cal y ferroaleantes.

Estos se funden debido al calor generado por el arco eléctrico que se produce entre los electrodos de grafito y la chatarra.

Como productos se obtiene acero, escoria, polvos y gases. La Planta Siderúrgica tiene dos hornos eléctricos de capacidad nominal de 30 Toneladas cada uno y en la acería eléctrica No. 2 también existen dos hornos eléctricos con una capacidad de 25 Toneladas cada uno.

Colada Continua

La planta de colada continua tiene por finalidad solidificar el acero líquido de la acería eléctrica y de los convertidores obteniéndose las palanquillas y tochos.

Planta de Laminación

No Planos

La planta de laminación de no planos, produce fierro de construcción, alambrón, palanquillas, barras para molinos y perfiles. Esta planta está compuesta por tres áreas: el tren desbastador, el tren mercantil y el tren de alambrón.

Tren Desbastador: Este tren produce palanquillas y perfiles, a partir de tochos y lingotes los cuales han sido previamente calentados en un horno de recalentamiento a 1280 °C.

Tren Mercantil: Este tren produce barras de construcción de diferentes diámetros, desde 3/8" hasta 13/8". Como materia prima usa palanquillas de acero las cuales han sido previamente calentadas en un horno de recalentamiento a 1280 °C.

Tren de Alambrón: En este tren se produce alambrón en rollos de 1/4" a 3/8" de diámetro. Como materia prima se usan las palanquillas calentadas en un horno de recalentamiento a temperaturas entre 1250 °C a 1280 °C.

Productos Planos

Esta planta está constituido por dos grandes áreas: la planta de laminación en caliente y la planta de laminación en frío.

Planta de Laminación en Caliente: En esta planta se producen planchas gruesas y bobinas LAC. Se usa como materia prima lingotes de acero que son calentados en el horno de foso a 1300 °C y luego desbastados en el laminador dúo para obtener los planchones. Los planchones son recalentados en el horno a 1280 °C y luego ingresan en el laminador cuarto y laminador Steckel obteniéndose planchas de acero (espesores de 6 a 32 mm) y bobinas LAC con espesores de 2 a 9.5 mm.

Planta de Laminación en Frío: Esta planta consiste en la línea de decapado y el tren laminador reversible.

Línea de Decapado.- Esta área tiene la finalidad de eliminar la capa de óxido de hierro de las bobinas, y consiste en sumergir la bobina desarrollada en tres cubas que contienen ácido clorhídrico en concentraciones que van de 40 a 150 g de HCl/litro.

Laminador reversible (frío).- La bobina decapada (limpia de óxidos) es laminada hasta espesores de 0.3 a 1.2 mm, luego que se realiza el tratamiento térmico de recocido de recristalización en los Hornos de Recocido a temperaturas entre 600 a 650 °C. La bobina es templada (skin pass) en el laminador reversible obteniéndose las planchas LAF (0.3 a 1.2 mm).

Planta de Galvanizado en Caliente

El objetivo de la planta de galvanizado es el de recubrir con una capa de zinc por inmersión en caliente las chapas de acero. En la Planta Siderúrgica existe una línea continua de galvanizado en caliente con una capacidad de 30000 Ton/año. El proceso se inicia desenbobinando la bobina obtenida en la planta de laminación en frío, la chapa se introduce en una cuba que contiene agua y detergente para desengrasarla, luego pasa a un horno con atmósfera de hidrógeno y nitrógeno, donde se realiza el recocido de recristalización y precalentamiento. La chapa precalentada a una temperatura de 520 °C es sumergida en la cuba con cinc líquido (450 °C) donde se produce el galvanizado en caliente.

La chapa galvanizada sale de la cuba con un determinado espesor de cinc el cual es controlado con dos rodillos escurridores. Posteriormente la chapa galvanizada es cortada y corrugada, las cuales tienen diferentes espesores entre 0.3 a 1.2 mm.

Producción por Regiones

Región	Producción	
	Toneladas	%
Ancash	365 106	58.67
Arequipa	45 320	7.28
Ica	211 917	34.05
Total	622 343	100.00

Agroindustria "Plantas procesadoras de flor de Marigol"

El proceso consiste en la extracción de pigmentos de flores de Marigol, encontrándose dos empresas en operación durante el año 2000.

Almacenamiento de hidrocarburos

Existe un Terminal de Almacenamiento de Hidrocarburos, siendo sus volúmenes de almacenamiento los siguientes:

Tipo de Combustible	Galones /año
Gasolina 84	9035.53
Diesel2	132122.98
Kerosene	8086.80
Residual	118839.61

Pollerías

Se tiene un uso predominante (100%) del carbón vegetal como combustible en las pollerías, y sólo un 4.2% emplea además la leña.

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

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón vegetal	100	8.1
Leña	4.2	3.3

Panaderías

A diferencia de las pollerías, en las panaderías predomina el empleo de leña como combustible, seguido del Diesel 2, Gas y mínimamente el Kerosene, según los porcentajes y consumos que se indican a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	61.5	4.9
Diesel 2	34.6	6.8
Kerosene	3.8	0.7
Gas	11.5	30.9

Nótese que existe un porcentaje de establecimientos superior al 100%, debido a que se produce el uso combinado de combustibles: Diesel-Kerosene (3.8%) y Diesel-Gas (3.8%).

Molinos

Los molinos existentes en la cuenca atmosférica de Chimbote procesan maíz con una producción promedio de 6 toneladas al año.

Tipo de Grano	% Establecimientos	Producción Promedio (Ton/año)
Maiz	100	6

Grifos

Los volúmenes promedio comercializados en los establecimientos de venta al por menor de combustibles, se indican a continuación:

Tipo de Combustible	Volumen Promedio Comercializado (m³/mes)
Gasolina 84	803.2
Gasolina 90	721.9
Gasolina 95	146.3

Cabe mencionar que no se presentan datos de Diesel 2 y kerosene, debido a que no se requieren para la estimación de emisiones evaporativas.

Talleres automotrices

En las actividades desarrolladas en los talleres automotrices se consumen los productos siguientes: pintura, Diesel 2, tiner, gas y esmalte, según el detalle siguiente:

Tipo de producto	% Establecimientos	Consumo Total (Ton/año)
Pintura	48.8	0.016
Diesel 2	20.9	0.200
Tiner	88.4	0.247
Gas	7.0	0.029
Esmalte	58.1	0.124

Como se puede ver en los porcentajes de establecimientos, estos supera el 100% debido que por lo general se utiliza más de un tipo de producto.

Actividades de impresión

El consumo promedio de tinta en las imprentas de la ciudad de Chimbote es de 0.51 Ton/año.

Metal mecánicas

En la actividad metal-mecánica, los consumos promedio por tipo de producto se indican a continuación:

Tipo de producto	% Establecimientos	Consumo Total (Ton/año)
Pintura	59.2	0.42
Diesel 2	22.4	0.50
Tiner	84.2	0.18
Gas	17.1	0.17
Esmalte	43.4	0.16
Barniz	3.9	0.19
Laca	1.3	0.06

En este caso también se utilizan varios de los productos indicados por establecimiento.

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 Chimbote, determinadas en base a un muestreo aleatorio.

Automóviles

Existen 7924 automóviles para el año 2000 en la cuenca atmosférica de Chimbote, que representan el 50% del parque vehicular total y se encuentra distribuido de acuerdo al tipo de servicio de la manera siguiente:

Tipo de Servicio	%
Público	34
Particular	66

Las características físicas de los automóviles son las siguientes:

Característica	Categorías	% Automóviles
Año de Fabricación	< 1970	1
	1970 – 1980	7
	1981 – 1990	19
	1991 – 2000	73
Cilindrada	< 1400	32
	1400 – 2000	51
	> 2000	17

Según se aprecia, predominan los vehículos de la década del 90', con cilindraje hasta 2000 cc.

En relación a la operación de los automóviles, se tiene que un significativo 40% utiliza Diesel como combustible correspondiente principalmente a los vehículos de servicio público.

Característica	Categorías	% Automóviles
Tipo de Combustible	Diesel 2	40
	Gas 84	6
	Gas 90	48
	Gas 95	6
	Sistema Dual	1
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	3
	20 - 80 Km/día	32
	81 - 200 Km/día	47
	> 200 Km/día	18

En promedio un vehículo en la ciudad de Chimbote recorre 142 Km/día o 44366 Km/año.

Station Wagon

Este tipo de vehículos existen minoritariamente en la ciudad de Arequipa, alcanzando sólo el 8% del parque vehicular total, siendo su distribución de acuerdo con el tipo de servicio la siguiente:

Tipo de Servicio	%
Público	43
Particular	57

Sus características físicas y operativas se presentan a continuación:

Característica	Categorías	% Station Wagon
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	0
	1981 - 1990	13
	1991 - 2000	87
Cilindrada	< 1400	0
	1400 - 2000	90
	> 2000	10

Al igual que los automóviles, predominan los vehículos de la década de los 90', con ausencia total de station wagon anteriores a 1980.

Característica	Categorías	% Station Wagon
Tipo de Combustible	Diesel 2	93
	Gas 90	7
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	3
	20 - 80 Km/día	13
	81 - 200 Km/día	50
	> 200 Km/día	33

El combustible de mayor uso en estas unidades es el Diesel 2. El recorrido promedio de un station wagon en Chimbote es de 173 Km/día (53903 Km/año), valor superior al recorrido de los automóviles por existir mayor porcentaje de unidades de servicio público.

Camionetas

Dentro de esta categoría existen tres clasificaciones:

- Camionetas Pick Up
- Camionetas Rurales
- Camionetas Panel

Característica	Categorías	% Pick Up	% Rural	% Panel
Año de Fabricación	< 1970	0	0	0
	1970 - 1980	10	0	0
	1981 - 1990	26	59	0
	1991 - 2000	65	41	100
Cilindrada	< 1400	0	14	0
	1400 - 2000	89	83	100
	> 2000	11	3	0

Nótese que predominan las camionetas pick up y panel de los años 90, a diferencia de las camionetas rurales que son principalmente de la década del 80'.

En el cuadro adjunto es posible identificar que las camionetas rurales emplean principalmente el Diesel como combustible (79%) y concentran sus recorridos en más de 200 Km/día por dedicarse al transporte público principalmente.

Las camionetas pick up y panel poseen recorridos promedios de 102 y 45 Km/día, mientras que las rurales alcanzan 209 Km/día (65186 Km/año).

Característica	Categorías	% Pick Up	% Rural	% Panel
Tipo de Combustible	Diesel 2	68	79	50
	Gas 84	23	7	50
	Gas 90	8	10	0
	Gas 95	2	3	0
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	7	3	0
	20 - 80 Km/día	49	21	100
	81 - 200 Km/día	33	21	0
	> 200 Km/día	11	55	0

Ómnibus

Los ómnibus representan el 5% del parque automotor total de la cuenca y emplean de manera exclusiva el Diesel 2 como combustible. Se dividen en dos tipos de servicio según se indica:

Tipo de Servicio	%	Recorrido Promedio, Km/día
Público	17	400
Particular	83	22

Cabe señalar que el servicio público está referido a los ómnibus que realizan transporte urbano, mientras que el servicio particular a los ómnibus interprovinciales que transitan por el interior de la ciudad de norte a sur y de sur a norte con un recorrido máximo de 22 Km.

Camiones

El principal combustible empleado por los camiones es el Diesel 2, aunque en ocasiones utilizan Gasolina de 84 Octanos. El recorrido promedio de estas unidades alcanza 86 Km/día o 26720 Km/año.

Remolcadores

Emplean exclusivamente el Diesel 2 como combustible. En relación a su recorrido promedio, se estima en 22 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 pueden ser de 2 tiempos y 4 tiempos, siendo su distribución en la cuenca atmosférica la siguiente:

Vehículo Menor	%
2 Tiempos	42
4 Tiempos	58

El recorrido promedio de una moto es de 123 Km/día, siendo en su mayoría de servicio público (mototaxis). El combustible empleado en estas unidades se indica a continuación:

Combustible	%
Gasolina 84	71
Gasolina 90	29

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 Chimbote, Dirección Regional de Producción y Dirección Regional de Energía y Minas, se determinó que la información correspondiente a pollerías y calderos de hospedajes no reflejaba la realidad de la ciudad, por lo cual se optó por desarrollar un empadronamiento de estas categorías coordinado y ejecutado por los miembros del Gesta Zonal de Aire.

En ese sentido, el universo de fuentes fijas emisoras fue definido tanto con información oficial como información recopilada en campo, siendo el que se indica a continuación:

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1	Actividades de la industria alimentaria	Industrias de harina y conserva de pescado	Pesqueras	52
2		Plantas procesadoras de flor de Marigol	-	2
3	Industria de hierro y acero	Industria siderúrgica	Siderúrgica	1
4	Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	Terminal de Almacenamiento	1
5	Actividades productivas de molinería	Molinos de granos	Molinos	4
6		Fabrica de productos de panadería	Panaderías	98
7	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Pollerías	Pollerías	84
8		Restaurantes categorizados	Restaurantes	34
9		Hospedajes categorizados	Hospedajes	45
10		Lavanderías	Lavanderías	12
11	Otras fuentes de combustión industrial	Fundiciones de hierro y acero	-	9
12		Fundiciones de metales no ferrosos	-	6
13		Plantas de tratamiento de aceite de pescado	-	16
14	Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	Carpinterías	159
15		Aseraderos de madera	Aserraderos	25
16	Actividades de la industria no metálica	Fábricas de ladrillos de arcilla	Ladrilleras de arcilla	5
17		Fábricas de ladrillos de cemento	Ladrilleras de cemento	20
18	Evaporación de solventes por fuentes de área	Talleres automotrices	-	165
19		Actividades de impresión	Imprentas	130
20		Talleres de metal-mecánica	Metal-mecánicas	283
21	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	30

5.3.2 Fuentes Móviles

La información empleada para determinar el universo de fuentes móviles de la cuenca atmosférica de Chimbote corresponde a SUNARP año 2002, así como a la Municipalidad Provincial de Chimbote. Considerando que el año base para la elaboración del presente Inventario es el 2000, se aplicaron índices de crecimiento establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, según se indica:

Clase de Vehículo	Nº Unidades (1)		Indices de Crecimiento (2)	
	Año 2002	Año 2001	Año 2002	Año 2001
Automóvil	8496		2.78%	4.06%
Station Wagon	1772		13.03%	20.75%
Camioneta	Pick Up	2570	-0.27%	0.58%
	Rural	1498	7.71%	12.61%
	Panel	86	22.06%	18.26%
Ómnibus	736		0.14%	-0.70%
Camión	1790		5.49%	4.71%
Remolcador	218		1.92%	5.41%
Vehículos menores	340		0.00%	0.00%
Total	17506			

(1) SUNARP Chimbote. Año 2002.
Municipalidad Provincial de Chimbote.

(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 empleado para la elaboración del inventario es el siguiente:

Clase de Vehículo	Nº Unidades	
	Año 2000	Año 2001
Automóvil	7924	
Station Wagon	1221	
Camioneta	Pick Up	2562
	Rural	1208
	Panel	55
Ómnibus	740	
Camión	1612	
Remolcador	202	
Vehículos menores	340	
Total	15865	

5.4 Determinación del Tamaño Muestral

Por sus características particulares tanto las fuentes puntuales 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 Chimbote, las variables y estimaciones fueron las siguientes:

5.4.1 Fuentes Fijas de Área

CALCULO DEL TAMAÑO DE MUESTRA:

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

donde:

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

Entonces, reemplazando en (1):

$$n_0 = \frac{Z^2_{1.96} \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2}$$

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

REGLA DE DECISIÓN:

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

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Reemplazando valores:

$$\frac{n_0}{N} = 0.34 \quad > 0.05$$

$$\text{Entonces: } n = 286.84$$

$$\text{Redondeo: } n = 287$$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo es de 287 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Universo por Categoría	Muestra calculada por Categoría
Molinos	4	2
Panaderías	98	26
Pollerías	84	24
Restaurantes	34	9
Hospedajes	45	9
Lavanderías	12	4
Fundiciones de hierro y acero	9	3
Fundiciones de metales no ferrosos	6	2
Plantas de tratamiento de aceite de pescado	16	4
Carpinterías	159	43
Aserraderos	25	7
Ladrilleras de arcilla	5	2
Ladrilleras de cemento	20	6
Talleres automotrices	165	43
Imprentas	130	33
Metal-mecánicas	283	76
Grifos	30	8

En el cálculo la muestra determinada es de 287, sin embargo en la distribución por categoría se realizó el redondeo, por lo cual se incrementó la muestra.

5.4.2 Fuentes Móviles

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

donde:

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

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:

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

Reemplazando valores:

$$\frac{n_0}{N} = \frac{385}{1000} = 0.02426702 < 0.05$$

$$\text{Entonces: } n = 385$$

La muestra determinada en 385 se distribuye para cada categoría vehicular, según se indica a continuación:

Clase de Vehículo	Muestra
Automóvil	192
Station Wagon	30
Camioneta	Pick Up
	Rural
	Panel
Ómnibus	18
Camión	39
Remolcador	5
Vehículos menores	8
Total	385

5.5 Estimación de Emisiones

5.5.1 Emisiones Anuales

En la Tabla Nº 1 se puede apreciar que el contaminante más abundante en peso es el dióxido de azufre (SO₂), emitiéndose a la atmósfera de la ciudad de Chimbote en un total de 11393 Ton/año, a consecuencia del importante aporte (equivalente a 93.5% del total emitido en la cuenca) de las fuentes puntuales.

En segundo lugar con un aporte total de 10413 Ton/año se tiene al monóxido de carbono (CO), en cuyo caso los principales contribuyentes son tanto las fuentes puntuales con el 51.0% (5312 Ton/año) como las fuentes móviles con 47.7% (4965 Ton/año).

Con una contribución similar a la correspondiente al CO, las partículas totales en suspensión se emiten en un total de 10389 Ton/año, significando las fuentes puntuales el 97.8% del total.

Del total correspondiente a PTS, se tiene que aproximadamente el 29.5% corresponde a partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10).

Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV) fueron menores, 2584 y 1358 Ton/año respectivamente, con aportantes diferentes: en el primer caso las fuentes móviles (54.9%) y fuentes puntuales (44.7%); mientras que para los COV predominan las emisiones de fuentes móviles (62.8%) y fuentes de área (33.7%).

El sulfuro de hidrógeno (H₂S) es un gas emitido exclusivamente por las fuentes puntuales, específicamente por la industria de harina y conserva de pescado, en un total de 104 Ton/año.

Una emisión mínima de 3 Ton/año corresponde al elemento plomo, siendo su principal origen de las fuentes móviles.

De manera general en la ciudad de Chimbote, las **45** fuentes puntuales representan el mayor aporte de SO₂, PTS, PM-10, CO y H₂S, mientras que las fuentes móviles determinan la mayor emisión de NOx, COV y plomo.

Tabla Nº 1: Inventario de Emisiones Anuales de la Ciudad de Chimbote

Sector	Emisiones (Ton/año)							
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	H2S	Pb
Fuentes Puntuales	10166	2881	10647	1155	5312	47	104	0
Fuentes de Area	80	40	39	11	136	458	0	<1
Fuentes Móviles	143	141	707	1418	4965	853	0	3
Total	10389	3062	11393	2584	10413	1358	104	3

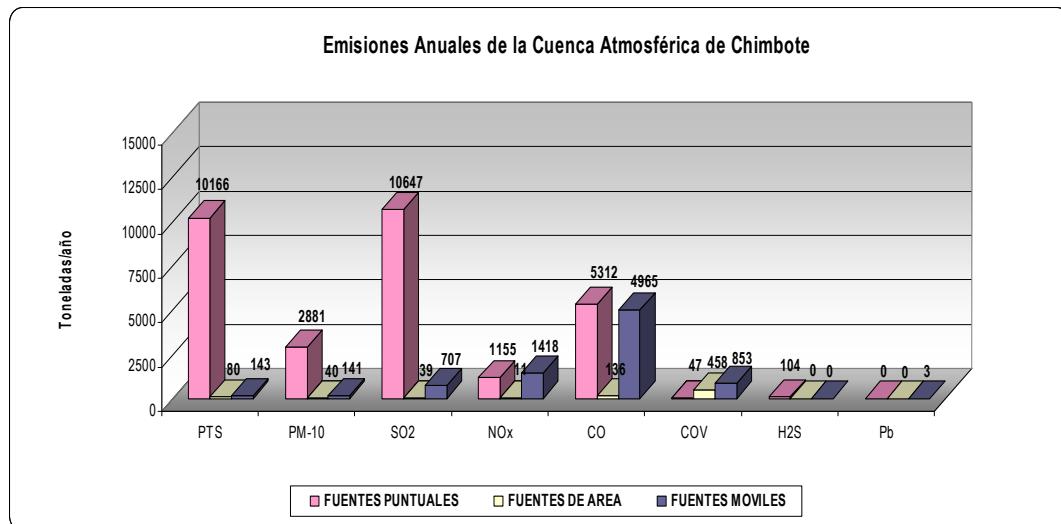


Tabla Nº 2: Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de la Ciudad de Chimbote

Sector	%							
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	H2S	Pb
Fuentes Puntuales	97.8	94.1	93.5	44.7	51.0	3.5	100.0	0.0
Fuentes de Area	0.8	1.3	0.3	0.4	1.3	33.7	0.0	1.0
Fuentes Móviles	1.4	4.6	6.2	54.9	47.7	62.8	0.0	99.0
Total	100.0							

En las Tablas Nº 3 y Nº 4 se muestra el inventario de emisiones desagregado para la cuenca atmosférica de Chimbote, evidenciándose que existen importantes aportes por parte de las empresas pesqueras y la industria siderúrgica.

Tabla Nº 3. Emisiones de Fuentes Fijas en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Chimbote (desagregado)

Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión, Ton/año						COV	H2S	Pb
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO				
Fuentes Puntuales											
Actividades de la industria alimentaria	Industria de harina y conserva de pescado Plantas procesadoras de flor de Marigol	41 02	7591 236	1763 1 (*)	817 13	94 1	18 <1	104 0			
Industria de Hierro y acero	Industria siderúrgica	01	2338	1117	2822	337	5218	29	0	0	0
Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	01	0	0	0	0	0	<1	0	0	0
Fuentes de Área											
Actividades productivas de molinería	Molinos de granos	04	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Fábrica de productos de panadería Pollerías Restaurantes Hospedaje categorizado Lavanderías	98 84 34 45 12	1 15 <1 <1 <1	1 14 <1 <1 <1	7 5 <1 <1 6	2 125 1 <1 1	1 1 <1 <1 <1	<1 1 1 5 38	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0

(*) Sólo corresponde al aporte de la combustión. No se conoce el % de contribución de PM-10 para los procesos desarrollados en las Planta.

Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión, Ton/año					
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV
Fuentes de Área								
Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	159	12	5	0	0	98	0
	Aserraderos de madera	25	11	7	0	0	1	0
	Fábrica de ladrillos de arcilla	05	10	3	12	<1	2	<1
	Fábrica de ladrillos de cemento	20	26	7	0	0	0	0
	Talleres automotrices	165	<1	<1	<1	<1	38	0
Evaporación de solventes por fuentes de área	Actividades de impresión	130	0	0	0	0	16	0
	Empresas metal-mecánicas	283	<1	<1	1	<1	114	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	30	0	0	0	0	145	0
	Fundición de hierro y acero	9	1	1	<1	0	6	0
	Fundición de metales no ferrosos	6	4	2	7	1	<1	<1
Otras fuentes de combustión industrial	Plantas de tratamiento de aceite de pescado	16	1	<1	7	1	<1	0
	EMISIONES TOTALES FUENTES FIJAS	10246	2921	10686	1166	5448	505	104
								<1

Tabla Nº 4. Emisiones de Fuentes Móviles en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Chimbote (desagregado)

Categoría Vehicular	Clasificación	Nº Fuentes	Emisión, Ton/año				
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO
Automóvil		7924	43	41	192	460	3669
Station Wagon		1221	13	13	72	53	133
Camioneta	Pick Up	2562	15	15	85	70	250
	Rural	1208	14	14	80	69	248
	Panel	55	<1	<1	1	1	34
Omnibus		740	18	18	84	232	118
Camión		1612	38	38	181	499	276
Remolcador		202	2	2	10	32	5
Vehículos Menores		340	1	<1	3	3	261
EMISIONES TOTALES FUENTES MÓVILES		143	141	707	1418	4965	853
						0	3

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

Estrato	Descripción	Emisión, %					
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV
Fuentes Puntuales							
Actividades de la industria alimentaria	Industria de harina y conserva de pescado	73.1	57.6	68.6	31.6	0.9	1.3
	Plantas procesadoras de flor de Marigol	2.3	<0.05	0.1	0.1	<0.05	<0.05
Industria de Hierro y acero	Industria siderúrgica	22.5	36.5	24.8	13.0	50.1	2.1
Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles al por mayor	Almacenamiento de hidrocarburos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fuentes de Área							
Actividades productivas de molinería	Molinos de granos	<0.05	<0.05	0.0	0.0	0.0	0.0
	Fábrica de productos de panadería	<0.05	<0.05	0.1	0.1	<0.05	<0.05
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Pollerías	0.1	0.5	<0.05	0.2	1.2	0.1
	Restaurantes	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0
	Hospedaje categorizado	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.4	0.0
	Lavanderías	<0.05	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	2.8
Carpintería y actividades relacionadas	Fabricación de muebles	0.1	0.2	0.0	0.0	7.2	0.0
	Aserraderos de madera	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0
	Fábrica de ladrillos de arcilla	0.1	0.1	0.1	<0.05	<0.05	0.0
	Fábrica de ladrillos de cemento	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

Estrato	Descripción	Emisión, %					
		PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV
Fuentes de Área							
Evaporación de solventes por fuentes de área	Talleres automotrices	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2.8	0.0
	Actividades de impresión	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0
	Empresas metal-mecánicas	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	8.4	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0
	Fundición de hierro y acero	<0.05	<0.05	0.0	0.1	0.0	1.0
	Fundición de metales no ferrosos	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	0.0	0.0
Otras fuentes de combustión industrial	Plantas de tratamiento de aceite de pescado	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	0.0	0.0
Fuentes Móviles							
Automóvil		0.4	1.3	1.7	17.8	35.2	37.0
Station Wagon		0.1	0.4	0.6	2.0	1.3	1.4
Camioneta	Pick Up	0.1	0.5	0.7	2.7	2.4	2.5
	Rural	0.1	0.5	0.7	2.7	2.4	2.6
	Panel	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.0
Omnibus		0.2	0.6	0.7	9.0	1.1	3.8
Camión		0.4	1.2	1.6	19.3	2.7	8.3
Remolcador		<0.05	0.1	0.1	1.2	<0.05	0.3
Vehículos Menores		<0.05	<0.05	<0.05	0.1	2.5	6.8
EMISIONES TOTALES		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

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 y PM-10

Haciendo un análisis de la contribución de los diferentes sectores en la generación de partículas totales, se identificó que en la cuenca atmosférica de Chimbote este contaminante es mayoritariamente emitido por dos estratos calificados como fuentes de puntuales:

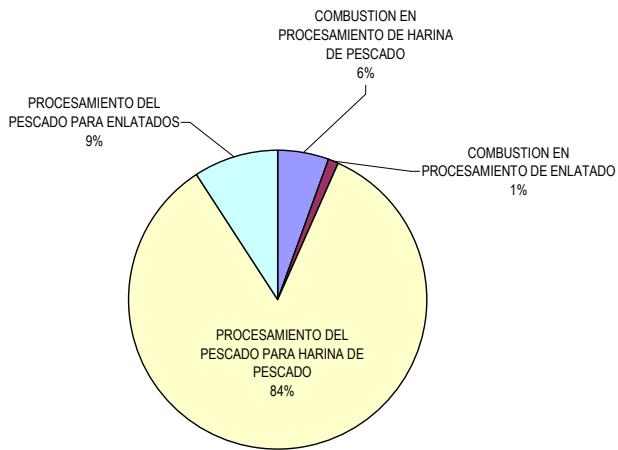
- *Actividades de la industria alimentaria*

El total de emisión de esta categoría de fuente es 7827 Ton/año, de las cuales el 97% aproximadamente corresponde a la industria de harina y conserva de pescado, mientras que el 3% restante a las emisiones de las plantas procesadoras de flor de marigol.

En el caso de las empresas pesqueras, la principal emisión de partículas se produce por el procesamiento del pescado propiamente dicho, alcanzando un total de 7079 Ton/año, debido a que la tecnología que predomina es el secado a fuego directo en cuyo caso la emisión unitaria es de 4 Kg/tonelada de pescado procesado. En el secado a vapor con tubos esta emisión unitaria se reduce a 2.5 Kg/tonelada.

La emisión por combustión de las plantas de harina y conservas de pescado alcanza 512 Ton/año.

Distribución de Emisiones de PTS en las Empresas Pesqueras



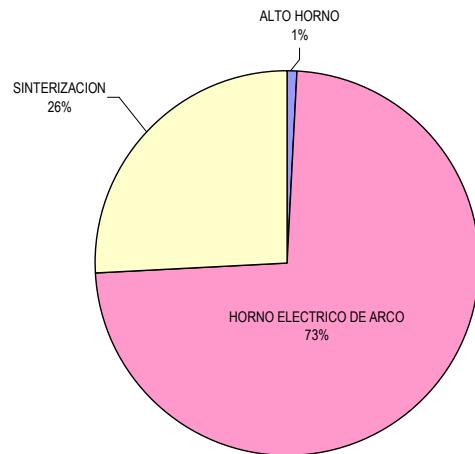
En las plantas de flor de marigol la situación es similar, dado que el procesamiento de la materia prima contribuye en más del 99% en las emisiones de PTS, siendo el aporte de la combustión mínimo aún cuando se emplea como combustible el bunker 6.

- *Industria de hierro y acero*

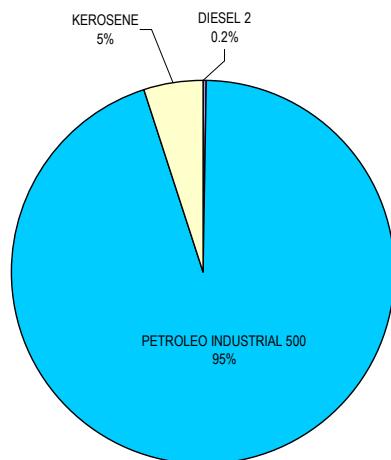
La industria siderúrgica aporta con 2338 Ton/año de PTS a las emisiones totales de la cuenca, incluyendo el procesamiento y las actividades de combustión.

El proceso siderúrgico emite 2128 Ton/año que incluye el aporte del Alto Horno (1%), Horno Eléctrico de Arco (73%) y Sinterización (26%); mientras que la combustión aporta 210 Ton/año, correspondiendo aproximadamente el 95% al petróleo industrial 500 y el 5% restante al kerosene y diesel 2.

Distribución de Emisiones de PTS por Proceso Productivo en la Industria Siderúrgica

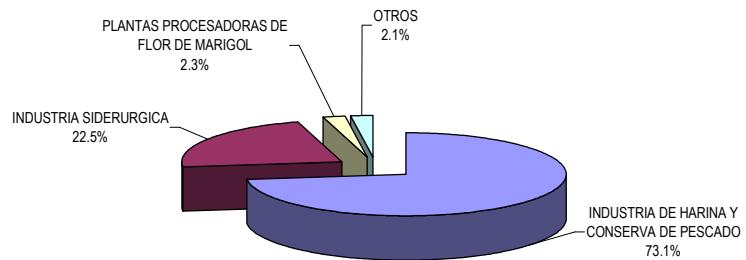


Distribución de Emisiones de PTS por Combustión en la Industria Siderúrgica



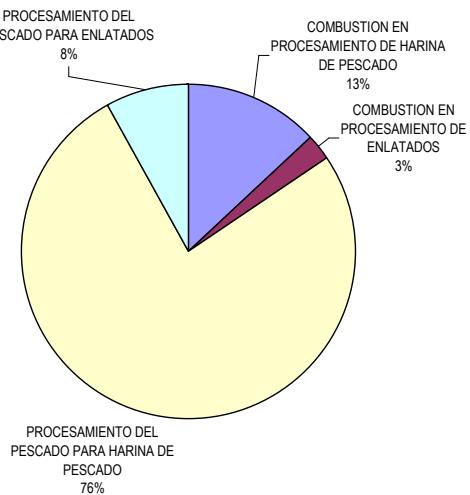
Las demás fuentes, tanto de área como móviles generan emisiones mínimas que representan sólo el 2% del total emitido en la cuenca y se grafican como "otros".

Distribución Porcentual de PTS por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de Chimbote

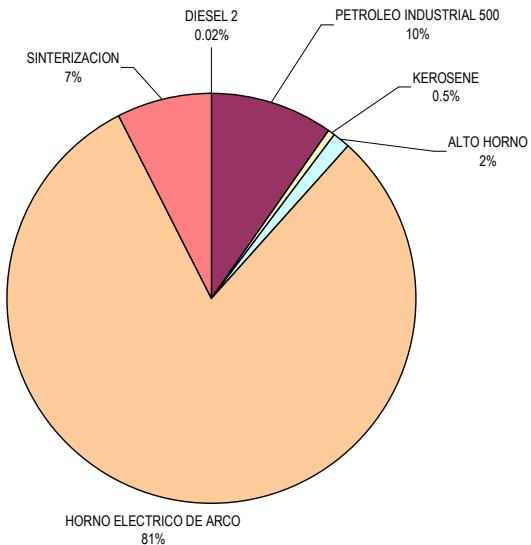


En el caso de las partículas en suspensión menores a 10 micras se tienen los más importantes aportes por parte de la industria de harina y conserva de pescado (1763 Ton/año) y la industria siderúrgica (1117 Ton/año), cuya estructuración se grafica a continuación:

Distribución de Emisiones de PM-10 en las Empresas Pesqueras



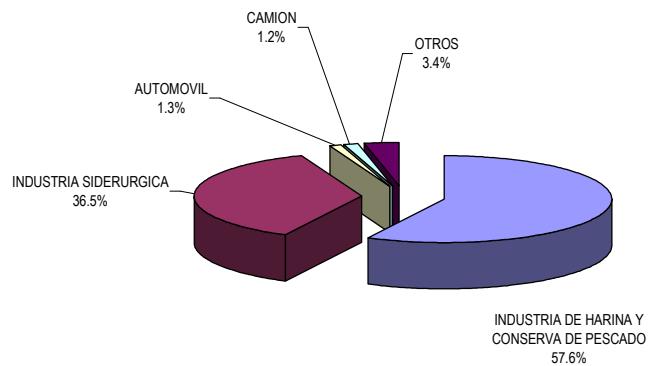
Distribución de Emisiones de PM-10 en la Industria Siderúrgica



En el caso de las plantas procesadoras de flor de marigol, la emisión de PM-10 alcanza 1 Ton/año, sin embargo se debe indicar que corresponde sólo al aporte de la combustión por no disponerse de factor de emisión para la estimación de PM-10 generado por el procesamiento de la materia prima.

Las demás fuentes, tanto de área como móviles poseen un aporte mínimo, aunque es posible destacar las emisiones de los automóviles con 41 Ton/año y camiones con 38 Ton/año.

Distribución Porcentual de PM-10 por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de Chimbote



Dióxido de Azufre

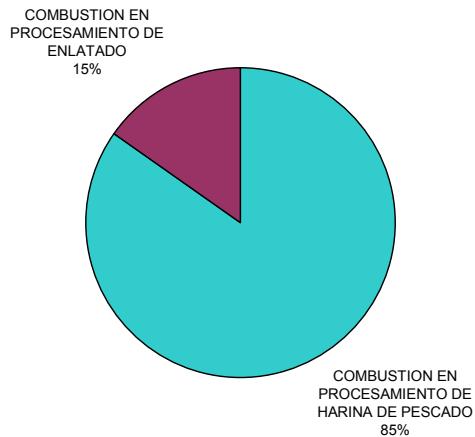
Tal como se mencionó anteriormente, la emisión de dióxido de azufre en la cuenca atmosférica de Chimbote se atribuye también a las fuentes puntuales, las cuales aportan en su conjunto 10647 Ton/año y representan el 93.5% del total. Estas emisiones son sólo producto de las actividades de combustión.

Dentro de las fuentes puntuales, son dos las categorías más significativas:

- *Industria de harina y conservas de pescado*

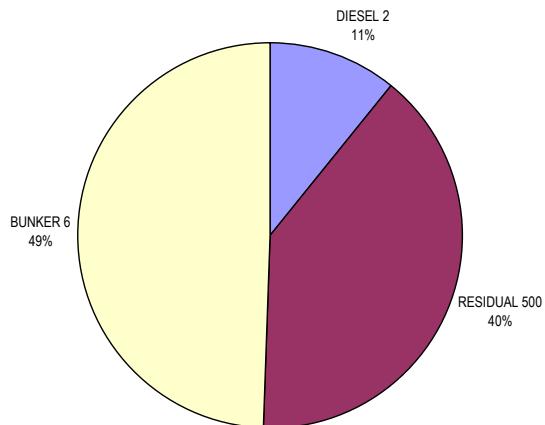
Esta categoría emite 7812 Ton/año y puede diferenciarse en emisión por tipo de producción y por tipo de combustible empleado, según se muestra en los gráficos siguientes:

Distribución de Emisiones de SO₂ por Tipo de Producción en Empresas Pesqueras



La mayor emisión de SO₂ en el procesamiento de harina de pescado se encuentra asociada al mayor requerimiento de combustible para una producción de 17545 Ton/año, versus una menor producción de enlatados de 1484 Ton/año.

Distribución de Emisiones de SO2 por Tipo de Combustible en Empresas Pesqueras



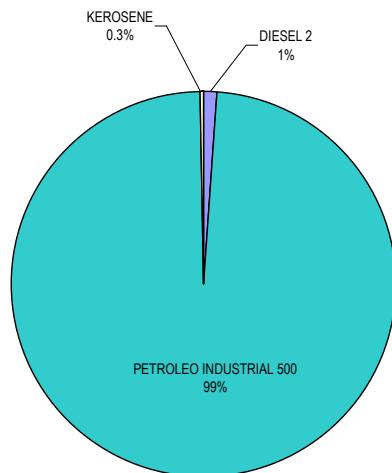
Se aprecia que existe una contribución del 49% en las emisiones de SO2 por parte de la combustión del Bunker 6, no sólo porque su consumo es más frecuente en los calderos de las empresas pesqueras (15 038 306 Gal/año) sino porque el porcentaje de azufre es alto (3.5%). El aporte del Residual 500 es también significativo (40%) siendo el contenido de azufre también del orden del 3.5% y su consumo en las calderas de 11 956 945 Gal/año.

La emisión del SO2 por combustión del Diesel 2 es menor debido a su más bajo contenido de azufre (1%).

- Industria siderúrgica

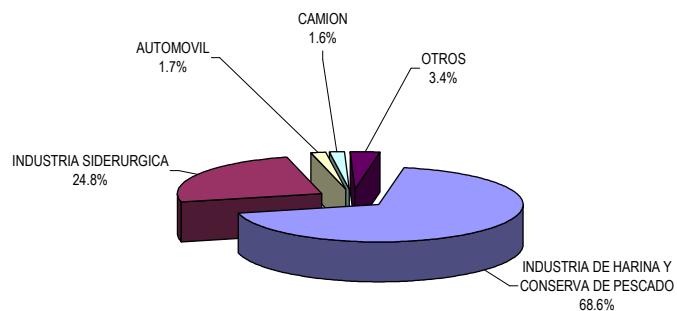
En el caso de la industria siderúrgica son tres los combustibles empleados, siendo el predominante el petróleo industrial 500 con 10 757 326 Gal/año. La emisión total de SO2 alcanza 2822 Ton/año, siendo los aportes desagregados por tipo de combustible los siguientes:

Distribución de Emisiones de SO₂ por Tipo de Combustible en la Industria Siderúrgica



Las emisiones de fuentes móviles en relación al SO₂ representan el 6.2% del total emitido en la cuenca, y merece destacar el aporte de los automóviles (192 Ton/año) y los camiones (181 Ton/año).

Distribución Porcentual de SO₂ por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de Chimbote



Óxidos de Nitrógeno

A diferencia de los parámetros anteriores, el máximo aporte de óxidos de nitrógeno corresponde a las fuentes móviles por el desarrollo de los procesos de combustión interna, alcanzando en su conjunto 1418 Ton/año para un parque automotor constituido por 15865 unidades, que corresponde al 54.9% del total de óxidos de nitrógeno emitidos en la cuenca.

Dentro de esta categoría los aportes se distribuyen en orden de magnitud e importancia, según se indica a continuación:

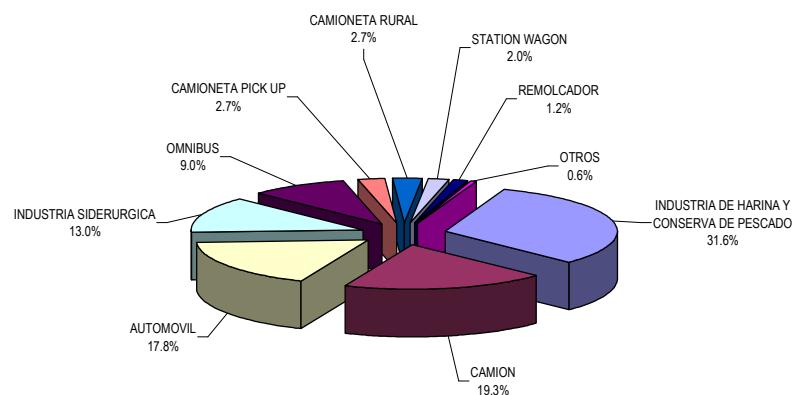
- Camiones, 19.3% (499 Ton/año)
- Automóviles, 17.8% (460 Ton/año)
- Omnibuses, 9.0% (232 Ton/año)

En el primer y tercer caso, el combustible empleado es principalmente Diesel 2 y su emisión unitaria supera los 10 Kg/1000 Km por tratarse de vehículos pesados. Situación diferente ocurre en el caso de los automóviles, en que la emisión unitaria es inferior a 3 Kg/1000 Km, pero se incrementa por el tamaño de la categoría que alcanza 7924 unidades y representa el 50% del parque vehicular total de la cuenca.

Aún cuando no constituyen la mayor emisión, las fuentes puntuales aportan un importante 44.7% de las emisiones de óxidos de nitrógeno, 817 Ton/año por parte de la industria de harina y conserva de pescado, y 337 Ton/año a cargo de la industria siderúrgica, ambos por procesos de combustión.

La distribución de emisiones de óxidos de nitrógeno se grafica a continuación:

**Distribución Porcentual de NOx por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de Chimbote**



La categoría "otros" incluye todas emisiones cuya representatividad individual es inferior al 1%.

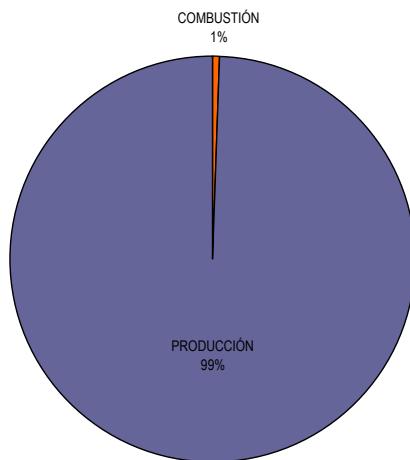
Monóxido de Carbono

La emisión de monóxido de carbono se produce de dos maneras en la cuenca atmosférica de Chimbote:

- Por procesos desarrollados en las fuentes puntuales
- Por combustión en las fuentes puntuales, de área y móviles

Dentro de las fuentes puntuales la industria siderúrgica tiene la principal emisión con 5218 Ton/año, de las cuales 5190 Ton/año corresponden al proceso y 28 Ton/año a la combustión (principalmente petróleo industrial 500).

Distribución de Emisiones de CO en la Industria Siderúrgica

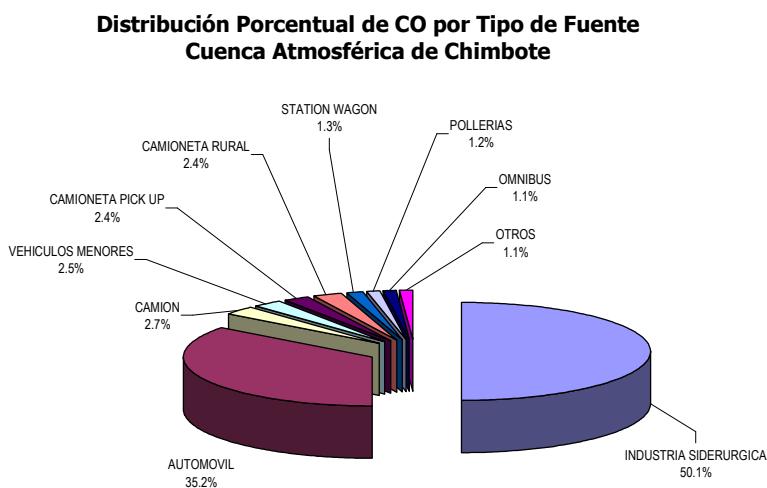


Como parte de los procesos de combustión, las fuentes móviles registran las mayores emisiones de monóxido de carbono con un importante 47.7%. Los automóviles contribuyen con 3669 Ton/año, siendo la emisión más alta cuando el combustible empleado es la gasolina en cuyo caso el aporte individual es superior 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 Chimbote sólo un 8% de automóviles de años anteriores a 1980 y un 73% entre los años 1991 y 2000.

Las demás categorías vehiculares contribuyen en su conjunto con el 12.4% de las emisiones de monóxido de carbono, que totalizan 1296 Ton/año.

Entre los procesos de combustión desarrollados en las fuentes de área se tienen a las pollerías con 125 Ton/año, debido a la combustión del carbón vegetal.

La distribución de emisiones de CO es la siguiente:



Compuestos Orgánicos Volátiles

En el caso de los compuestos orgánicos volátiles la emisión mayoritaria es atribuida a los automóviles, que poseen un aporte del 37.0% (503 Ton/año) 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).

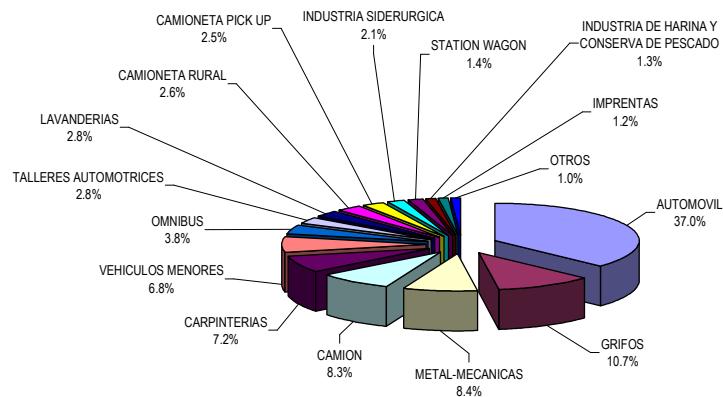
Un importante 25.7% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles se concentran en las demás categorías de fuentes móviles, alcanzando una emisión de 350 Ton/año.

Cabe resaltar que las emisiones evaporativas de los vehículos no han sido estimadas, en cuyo caso existiría un incremento en las toneladas de compuestos orgánicos volátiles emitidas en la cuenca atmosférica de Chimbote.

En relación a las fuentes de área, se tiene emisión de compuestos orgánicos volátiles en los grifos con 145 Ton/año y se produce tanto en la recarga de tanques subterráneos como en el expendio de vehículos; en las empresas metal-mecánicas con 114 Ton/año y carpinterías con 98 Ton/año por el uso de pintura, tiner, esmalte, barniz, laca y otros.

El Gráfico siguiente presenta la distribución de los principales aportantes de COV en la cuenca atmosférica de Chimbote.

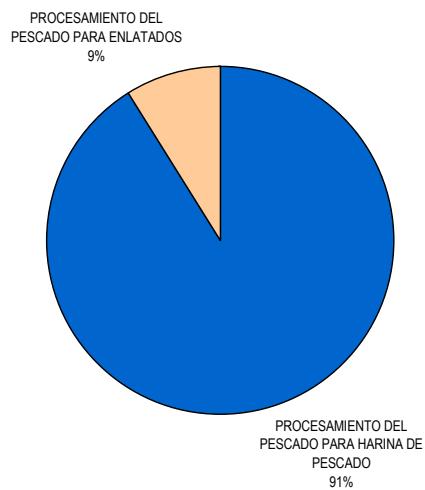
**Distribución Porcentual de COV por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de Chimbote**



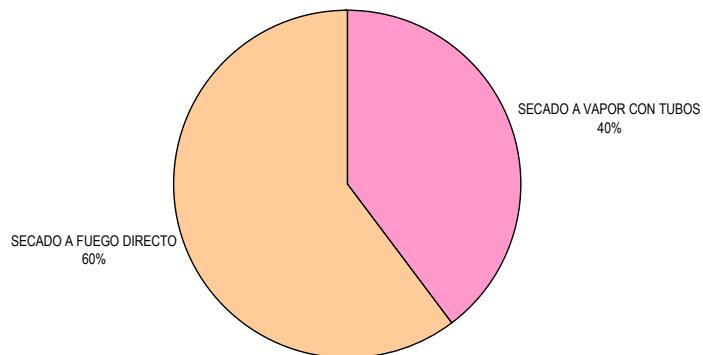
Sulfuro de Hidrógeno

La emisión de sulfuro de hidrógeno en la cuenca atmosférica de Chimbote, es exclusiva de la industria de harina y conservas de pescado, alcanzando un total de 104 Ton/año. A continuación se presenta la distribución de estas emisiones por tipo de proceso y por tipo de tecnología empleada:

Distribución de Emisiones de H2S por Tipo de Proceso en las Empresas Pesqueras



Distribución de Emisiones de H2S por Tipo de Tecnología en las Empresas Pesqueras



Es importante indicar que la emisión unitaria de H2S por tipo de tecnología es la misma, 0.05 Kg/Ton; sin embargo, la diferencia corresponde al nivel de producción alcanzado para cada una de ellas.

Plomo

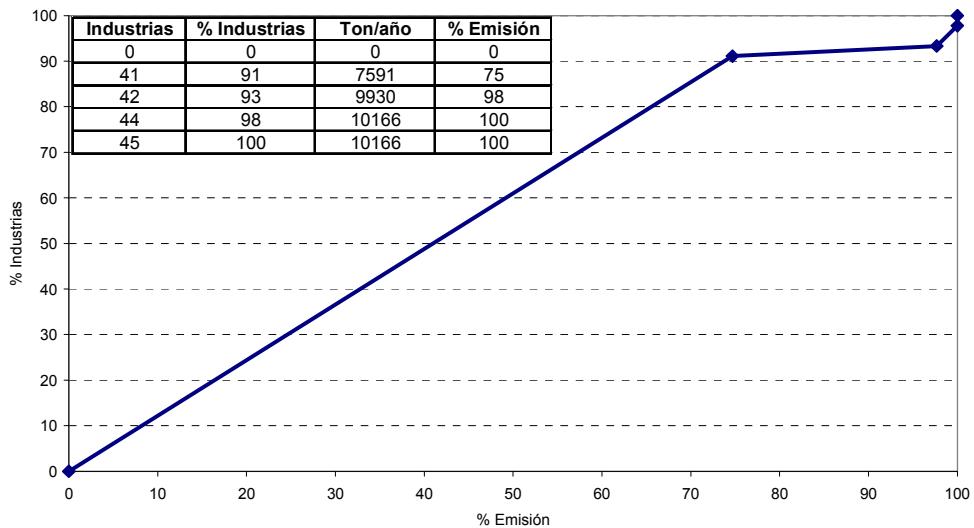
Las emisiones totales de plomo en la cuenca alcanzan 3 Ton/año, siendo los principales aportantes las fuentes móviles que emplean como combustible la gasolina, y en segundo lugar las fundiciones de hierro y acero (< 1 Ton/año).

5.5.3 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 Chimbote.

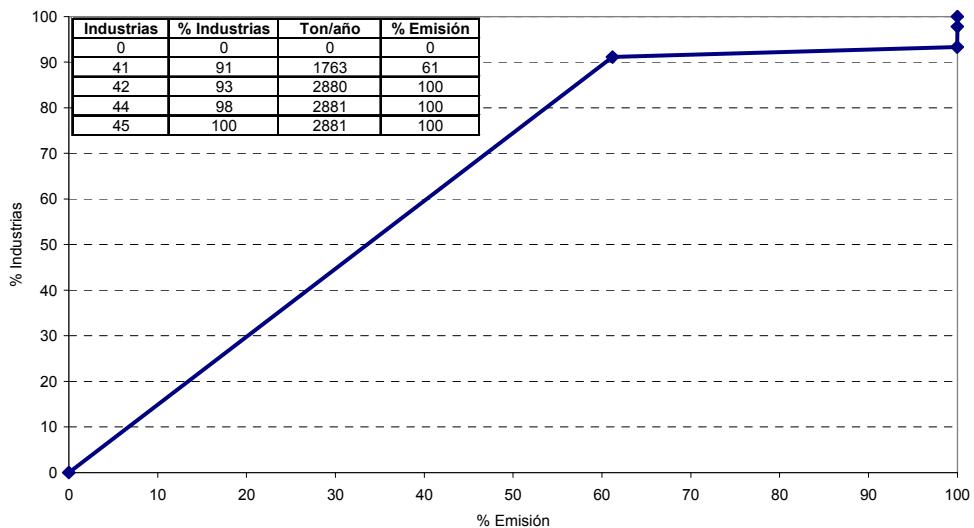
En la Gráfica se aprecia que el 91% de las fuentes puntuales contribuyen con el 75% de la emisión de PTS, siendo estas las 41 Plantas de harina y conservas de pescado. Considerando el 93% de las fuentes puntuales, que significa incorporar a la industria siderúrgica, ocurre un significativo incremento de 23% de la emisión.

Fuentes Puntuales más emisoras de PTS



De manera similar, para el PM-10 se tiene que el 93% de las industrias que corresponden sólo a dos categorías: harina y conservas de pescado y siderúrgica, representan el 100% de la emisión por causa de las fuentes puntuales, que además significan el 90.8% de la emisión total en la cuenca.

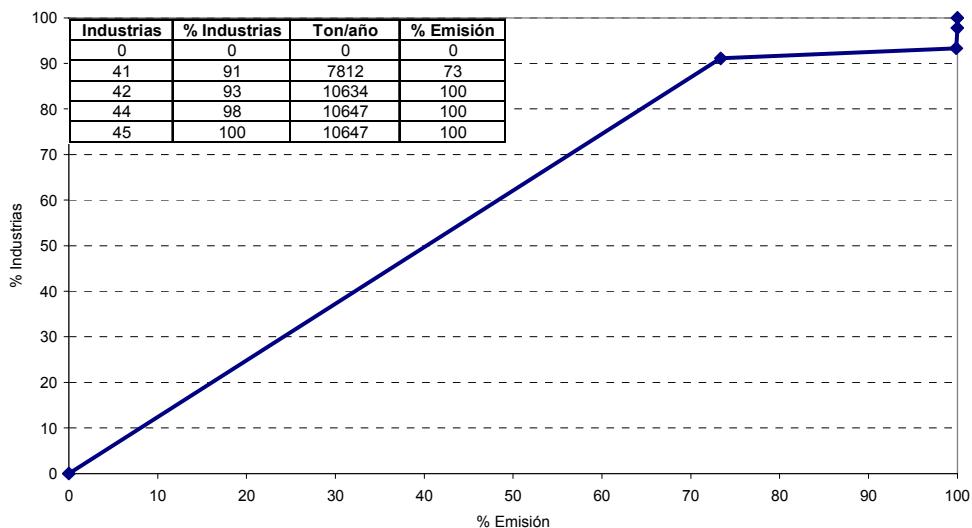
Fuentes Puntuales más emisoras de PM-10



Es importante indicar que tanto para PTS como para PM-10, las principales emisiones corresponden a procesos productivos por lo cual su reducción estaría asociada a un cambio de tecnología.

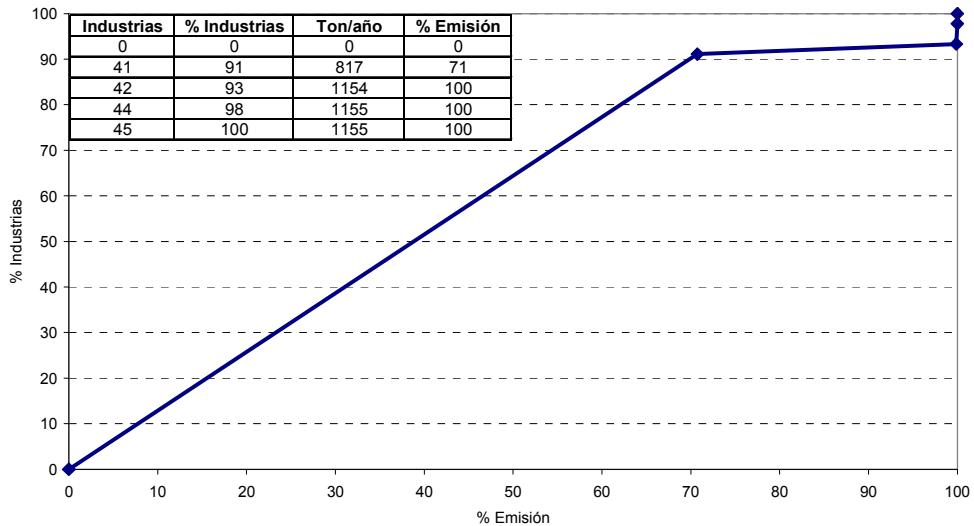
El comportamiento del SO2 es similar a los anteriores, dado que las 41 empresas pesqueras y la siderúrgica concentran el 100% de la emisión de este gas por fuentes puntuales, siendo su origen puramente por combustión.

Fuentes Puntuales más emisoras de SO2



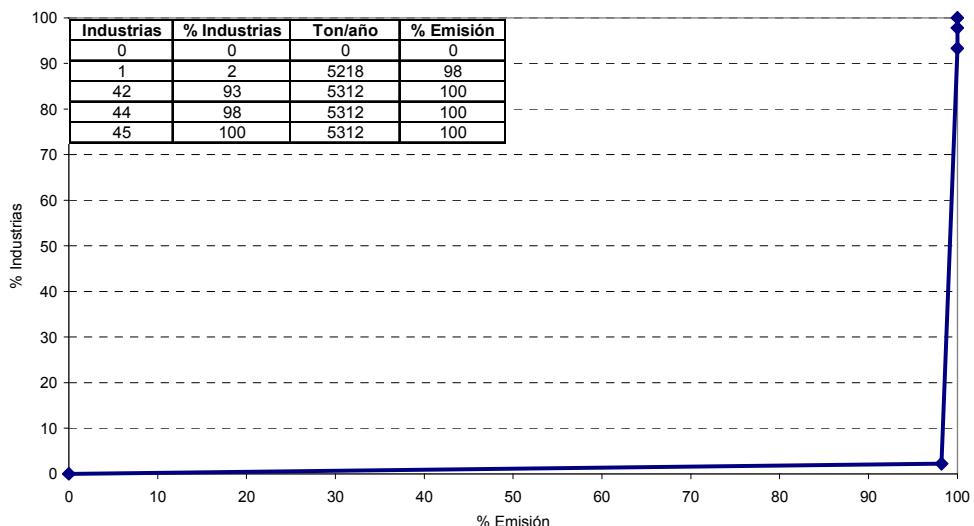
Para el caso de los óxidos de nitrógeno, aún cuando las fuentes puntuales no constituyen el más alto aporte, se tiene el comportamiento que se muestra en el gráfico adjunto:

Fuentes Puntuales más emisoras de NOx



El CO posee un comportamiento particular, dado que el 98% de la emisión de las fuentes puntuales es consecuencia de sólo una industria que es la siderúrgica, debido a los procesos de sinterización y operación del horno eléctrico de arco.

Fuentes Puntuales más emisoras de CO



6. Conclusiones

Los resultados del inventario de emisiones para la cuenca atmosférica de Chimbote permiten concluir lo siguiente:

- 6.1 Las fuentes puntuales constituyen los mayores aportantes de partículas totales en suspensión, partículas menores a 10 micras, dióxido de azufre, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno.
- 6.2 Existe en la ciudad de Chimbote una importante categoría de fuente puntual constituida por 41 Plantas de harina y conservas de pescado.
- 6.3 El parque automotor de la cuenca atmosférica de Chimbote es responsable de las mayores emisiones de óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y plomo.
- 6.4 Existe un importante aporte de óxidos de nitrógeno por parte de las fuentes puntuales y monóxido de carbono por parte de las fuentes móviles, aunque es ligeramente inferior al 50% del total emitido en cada caso.
- 6.5 El procesamiento de harina de pescado, así como la operación del horno eléctrico de arco en la siderúrgica constituyen las principales fuentes de emisión de partículas totales y menores a 10 micras; el aporte de la combustión es menor.
- 6.6 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 30% de las emisiones totales del particulado en la cuenca atmosférica de Chimbote.
- 6.7 Las emisiones de dióxido de azufre son exclusivamente producto de actividades de combustión desarrolladas principalmente en las Plantas de harina y conservas de pescado y en la siderúrgica.
- 6.8 Predomina el uso de combustibles residuales (PI 500, Residual 500, Bunker 6) con alto contenido de azufre por lo cual se incrementan las emisiones de dióxido de azufre.
- 6.9 Además de las fuentes móviles cuyos procesos de combustión interna generan la emisión de monóxido de carbono, existe una fuente de magnitud mayor que es la industria siderúrgica debido al proceso de sinterización y operación del horno de arco eléctrico.

- 6.10 Los grifos, automóviles, camiones y vehículos menores, así como el uso de pinturas, solventes, barniz, laca, esmalte y otros en las carpinterías y metal-mecánicas, constituyen los principales aportantes de compuestos orgánicos volátiles en la cuenca.
- 6.11 Las empresas pesqueras son responsables del 100% de la emisión de sulfuro de hidrógeno en la cuenca atmosférica de Chimbote.
- 6.12 El análisis de las fuentes puntuales de la cuenca atmosférica de Chimbote determinó que es posible reducir en más del 98% las emisiones de partículas totales en suspensión, menores a 10 micras y dióxido de azufre (procedentes de fuentes fijas) al incidir en un mayor control en las actividades de procesamiento de harina y conservas de pescado y la industria siderúrgica.
- 6.13 Las emisiones de monóxido de carbono a causa de fuentes puntuales (51% del total emitido en la cuenca) se verían reducidas en un 98% sólo con controlar los procesos de sinterización y horno de arco eléctrico de la industria siderúrgica.

ANEXO N° 1
DETALLE DE EMISIONES UNITARIAS

BIBLIOGRAFIA

Inventario de Emisiones de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Chimbote

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).