

**DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL  
DIGESA**

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

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



**ABRIL, 2006**

RESPONSABLES:

Ing. Segundo Fausto Roncal Vergara  
Director de Ecología y Protección del Ambiente  
DIGESA – Ministerio de Salud

Ing. Paola Chinen Guima  
Ing. Milena León Antúnez  
Area de Control de la Contaminación Atmosférica  
DIGESA – Ministerio de Salud

Colaboradores:

- Grupo de Estudio Técnico Ambiental – “GESTA AREQUIPA”
- Ing. Roxana Ríos Ravello – Consultora del Proyecto PROCLIM

**INDICE**  
**Inventario de Emisiones**  
**Cuenca Atmosférica de la ciudad de Ilo**

	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	15
5.3.1 Fuentes Fijas	15
5.3.2 Fuentes Móviles	17
5.4 Determinación del Tamaño Muestral	18
5.4.1 Fuentes Fijas de Area	19
5.4.2 Fuentes Móviles	20
6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES	21
6.1 Emisiones Anuales	21
6.2 Emisiones por Contaminante	29
6.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más Contaminantes	43
7. CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFIA	

# **Inventario de Emisiones**

## **Cuenca Atmosférica de la ciudad de Ilo**

### **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 Ilo, con la finalidad de contar con información sobre el 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.

La Cuenca atmosférica de Ilo se encuentra dentro del Departamento de Moquegua y fue determinada tomando los criterios de amplitud de la ocupación urbana, régimen de vientos, densidad poblacional y otros.

La población estimada para cada distrito que conforma la cuenca se indica a continuación:

<b>Distrito</b>	<b>Población (Habitantes)</b>
Ilo	58752
El Algarrobal	227
Pacocha	6698
<b>TOTAL</b>	<b>65677</b>

## 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 N° 68-D4-005. Air Pollution Prevention and Control División.

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, y que corresponde a una compilación del AP-42 de la USEPA.

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 las empresas, 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:

<b>Componente</b>	<b>Fracción &lt; 10 micras</b>
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
- Fuentes de Area : sector comercial y de servicios
- Fuentes Móviles : automóviles, camionetas, camiones, ómnibus, remolcadores, vehículos menores y locomotoras

*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 Ilo, 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	Fundición de Cobre	-	Puntual
2	minero-	Refinería de Cobre	-	Puntual
3	metalúrgicas	Planta de Cal	-	Puntual
4	Actividades de la industria alimentaria	Procesamiento de pescado	-	Puntual
5	Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	-	Puntual
6	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	Puntual
7	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	Area
8		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
9	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area
10	Actividades de combustión residencial	Uso doméstico de kerosene	Viviendas	Area

Estas totalizan seis categorías de fuentes puntuales y cuatro categorías de fuentes de área. Cabe indicar en relación a las actividades minero-metalúrgicas, que la Planta de Cal forma parte de las instalaciones de la misma empresa de Fundición y Refinación de Cobre.



### 5.1.2 Fuentes Móviles

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

## 5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

### 5.2.1 Fuentes Fijas

El inventario de fuentes fijas de la ciudad de Ilo incluye las fuentes puntuales y de área que se describen a continuación:

#### ***Fundición de Cobre***

La Fundición de Ilo, ubicada a 16 km al norte del Puerto de Ilo, produce cobre ampoloso (Blíster) de 99.3% de pureza, mediante la fusión de concentrados en dos circuitos: el Convertidor Modificado El Teniente (CMT) y Hornos Reverberos, con posterior conversión a cobre ampoloso en los Convertidores Pierce Smith, donde se generan emisiones atmosféricas que contienen SO<sub>2</sub>.

Todos los procesos cuentan con precipitadores electrostáticos para capturar el material particulado emitido.

El 100% de las emisiones del CMT, son tratados en la Planta de Ácido Sulfúrico, que se encarga de remover el SO<sub>2</sub> y convertirlo a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Los niveles de producción de cobre en la Fundición, se indican a continuación:

Circuito	Producción (Ton Cu/año)
Hornos Reverberos	202623
Convertidor El Teniente	102149

#### ***Refinería de Cobre***

Ubicada aproximadamente a 9 Km. al norte del Puerto de Ilo. Las principales emisiones atmosféricas corresponden al SO<sub>2</sub>, generado por la combustión del petróleo diesel y residual en los Hornos de Afino (reducción) Maerz, que se encargan de fundir el cobre ampoloso que proviene de la fundición para el proceso de electrorefinación.

El producto final de la Refinería es el denominado Cátodos SPCC-ILO, calificados como grado "A" de alta pureza (99.99%).

### ***Planta de Cal***

La Planta de Cal está ubicada dentro de las instalaciones de la Fundación de Ilo. La Cal es un insumo empleado en el proceso de Fusión de Concentrados en Fundación. Mediante un proceso de Calcinación de la conchuela (CaCO<sub>3</sub>), que es la materia prima, es transformada a Cal. Los principales subproductos generados son el material particulado y el SO<sub>2</sub> del combustible empleado.

Antiguamente la planta contaba con ciclones para la captura del material particulado. En el año 2001 se modernizó la Planta de Cal, con la mejor tecnología ambiental disponible (Sistema de Bag House y Pulse-Jet, en el cual el material para el filtrado es de fibra de vidrio y recubrimiento de teflón), llegándose a controlar más del 99 % de las emisiones de material particulado.

### ***Procesamiento de Pescado***

Seis Plantas de procesamiento de pescado (enlatado y subproductos) se identificaron en Ilo, cuyas características de procesamiento y combustión se detallan en el cuadro adjunto. Para este tipo de actividad se reconocieron tres tipos de procesos:

- Emisiones generadas por el procesamiento de pescado propiamente dicho
- Emisiones producidas por la utilización de combustible residual para generación de
- Emisiones generadas por grupos electrógenos accionados por motores de combustión interna que consumen Diesel 2.

Empresa	Procesos	Tecnología	Materia Prima/ Combustible	Cantidad t/año
PESQUERA HAYDUK SA	Procesamiento de Pescado Generación de Vapor Generación de Energía Eléctrica	Secado a Fuego Directo Calderas Industriales Grupos Electrógenos	Pescado	37,568.3
PESQUERA RUBI SA			Petroleo Residual	1,613.1
			Petroleo Destilado (Diesel 2)	66.5
			Pescado	199,239.7
ARMADORES PESQUEROS SA			Petroleo Residual	8,996.0
			Petroleo Destilado (Diesel 2)	889.5
		Pescado	58,466.2	
AUSTRAL GROUP SA		Petroleo Residual	1,347.8	
		Petroleo Destilado (Diesel 2)	218.6	
		Pescado	59,846.8	
PESQUERA ILO		Petroleo Residual	2,034.3	
		Petroleo Destilado (Diesel 2)	415.1	
	Pescado	43,000.0		
PROC. PRODUCTOS MARINOS S.A.	Petroleo Residual	1,429.6		
	Petroleo Destilado (Diesel 2)	287.9		
	Pescado	43,706.8		
			Petroleo Residual	1,430.0
			Petroleo Destilado (Diesel 2)	246.3

### ***Generación de Energía***

Corresponde a una empresa dedicada a la actividad privada de generación de energía eléctrica, que tiene instaladas en la provincia de Ilo dos centrales termoeléctricas de 360 MW en total : C.T. ILO1 y la C.T. ILO21, ubicadas a 16 km al norte y 25 km al sur respectivamente de la ciudad de Ilo, así como líneas de transmisión de 220 kV y 138 kV y una subestación de 600 MVA.

La generación de energía eléctrica considera los siguientes procesos para la generación de vapor:

- Combustión de combustible líquido para la generación de vapor en la C.T. ILO 1, y cuenta para tal efecto con:
  - Dos Turbinas a gas estacionarias que consumen diesel 2 como combustible para la generación de energía eléctrica.
  - Un motor de combustión interna de 3 MW de potencia (para casos de emergencia).
  - Cuatro calderos que consumen petróleo residual 500 para la generación de vapor.
- Combustión de combustibles sólidos para la generación de vapor en la C.T. ILO 21, y cuenta para tal efecto con un caldero de fondo húmedo que quema carbón bituminoso pulverizado de bajo contenido de azufre (< 1%) y emplea diesel 2 para el arranque.

Los consumos de combustibles en cada caso se indican a continuación:

<b>Combustible</b>	<b>Consumo (Ton/año)</b>
Diesel 2	200
Residual 500	84560
Carbón Bituminoso	290000

Mantiene en operación continua un precipitador electrostático de alta eficiencia (99.99% de captura de material particulado) instalado antes de la salida de los gases de combustión por la chimenea de 130 m de altura y quemadores de baja emisión de NOx. Asimismo, se tiene en línea un sistema de monitoreo continuo de emisiones que permite controlar en tiempo real las emisiones que genera su proceso.

### ***Almacenamiento de Combustibles al por Mayor***

El Terminal de almacenamiento de combustibles dispone de los tanques que se describen a continuación:

<b>Tanque</b>	<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Diámetro (m)</b>	<b>Volumen de Trabajo Promedio (Gal)</b>
Tanque 1	slop*	9.15	8.87	101565
Tanque 2	Gasolina 95	10.09	8.87	153490
Tanque 4	Gasolina 95	8.87	8.86	85255
Tanque 11	Gasolina 84	12.2	18.02	481751
Tanque 12	Residual 6	11.59	18.32	643781
Tanque 13	Kerosene	12.8	15.26	320788
Tanque 15	Diesel 2	12.8	17.99	391095
Tanque 16	Residual 6	12.53	21.37	997336
Tanque 17	Diesel 2	10.69	35.07	2104112
Tanque 18	Diesel 2	12.52	21.96	0
Tanque 19	Residual 6	7.32	9.14	84091

Es importante indicar que además existen en las mismas instalaciones seis tanques pertenecientes a terceros, cuyas características básicas se indican a continuación:

<b>Tipo de Tanque</b>	<b>Combustible que almacena</b>	<b>Capacidad Almacenamiento (Gal/mes)</b>
Tanque Techo Fijo Vertical	Diesel 2	2437527
Tanque Techo Fijo Vertical	Residual N°6	2431418
Tanque Techo Fijo Vertical	Residual N°6	2431418
Tanque Techo Fijo Vertical	Residual N°6	2431418
Tanque Techo Fijo Vertical	Residual N°6	4263961
Tanque Techo Fijo Vertical	Diesel 2	2437527

### ***Pollerías***

Las encuestas determinan un uso exclusivo (100%) del carbón vegetal como combustible en las pollerías, siendo su consumo promedio de 4.7 Ton/año.

### ***Panaderías***

A diferencia de las pollerías, en las panaderías predomina el empleo de la leña como combustible, aunque también se emplean combustibles como el Diesel, kerosene y GLP. Los porcentajes y consumos respectivos se indican a continuación:

<b>Tipo de combustible</b>	<b>% Establecimientos</b>	<b>Consumo Promedio (Ton/año)</b>
Leña	90	26.8
Diesel 2	3	3.6
Kerosene	3	1.1
GLP	8	0.3

Se ha identificado también que aproximadamente el 3% de las panaderías cuentan con suministro de energía eléctrica para la operación de los hornos.

Los usos combinados de combustibles se producen principalmente en la relación leña/kerosene y leña/Diesel 2, siendo el 3% de los establecimientos en cada caso.

### ***Grifos***

Existen en la cuenca atmosférica de Ilo un total de 11 establecimientos dedicados al expendio de combustible al por menor, los cuales expenden principalmente gasolinas de 84, 90 y 95 octanos. Los volúmenes promedio comercializados se indican a continuación:

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Volumen Promedio Comercializado (m3/año)</b>
Gasolina 84	288.5
Gasolina 90	131.2
Gasolina 95	100.5

### ***Uso Doméstico de Kerosene***

Las estaciones de servicio y grifos de la cuenca atmosférica de Ilo, comercializan un total de 1,397.5 m3/año de kerosene para uso doméstico.

### **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 Ilo, determinadas en base a un muestreo aleatorio.

### ***Automóviles***

De acuerdo a información proporcionada por la Municipalidad de Ilo y SUNARP, al año 2000 existían 827 automóviles en la cuenca atmosférica, que representan el 31% del parque vehicular total y se encuentra distribuido de acuerdo al tipo de servicio de la manera siguiente:

<b>Tipo de Servicio</b>	<b>%</b>
Público	44
Particular	56

Las características físicas de los automóviles son las siguientes:

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Automóviles</b>
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 – 1980	15
	1981 – 1990	38
	1991 – 2000	47
Cilindrada	< 1400	6
	1400 – 2000	94
	> 2000	0

Según se aprecia, predominan los vehículos de la década del 90', con cilindraje entre 1400 y 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, mientras que un 38% emplea gasolina de 84 octanos.

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Automóviles</b>
Tipo de Combustible	Diesel 2	40 <sup>(*)</sup>
	Gas 84	38
	Gas 90	3
	Gas 95	17
	Gas 97	1
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	28
	20 - 80 Km/día	32
	81 - 200 Km/día	34
	> 200 Km/día	7

(\*) Esta información es validada con el dato registrado por la SUNARP, que indica que aproximadamente el 45% de los automóviles consumen Diesel 2.

En promedio un vehículo en la ciudad de Ilo recorre 87 Km/día.

### ***Station Wagon***

En similar proporción que los automóviles se encuentran los vehículos Station Wagon, cuya presencia en la ciudad de Ilo alcanza 33%, siendo su distribución de uso la siguiente:

<b>Tipo de Servicio</b>	<b>%</b>
Público	84
Particular	16

Se aprecia que mayoritariamente estos vehículos son empleados como taxis. Su presencia en la ciudad se asocia a la libre importación de vehículos usados ingresados a través de Tacna.

Sus características físicas y operativas se presentan a continuación:

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Station Wagon</b>
Año de Fabricación	< 1970	0
	1970 - 1980	1
	1981 - 1990	15
	1991 - 2000	84
Cilindrada	< 1400	12
	1400 - 2000	86
	> 2000	2

Al igual que los automóviles, predominan los vehículos de la década de los 90', aunque en un porcentaje mayor (84%), con mínima presencia de station wagon anteriores a 1980.

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Station Wagon</b>
Tipo de Combustible	Diesel 2	72
	Gas 84	17
	Gas 90	1
	Gas 95	10
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	5
	20 - 80 Km/día	29
	81 - 200 Km/día	55
	> 200 Km/día	11

El combustible de mayor uso en estas unidades es el Diesel 2 con un 72% determinado a través de las encuestas y un 68% indicado por SUNARP. El recorrido promedio de un station wagon en Ilo es de 129 Km/día.

### ***Camionetas***

Dentro de esta categoría existen tres clasificaciones:

- Camionetas Pick Up
- Camionetas Rurales
- Camionetas Panel

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Pick Up</b>	<b>% Rural</b>	<b>% Panel</b>
Año de Fabricación	< 1970	0	3	0
	1970 - 1980	0	0	0
	1981 - 1990	37	81	47
	1991 - 2000	63	16	53
Cilindrada	< 1400	0	0	0
	1400 - 2000	67	3	79
	> 2000	33	97	21

Nótese que predominan las camionetas pick up y panel de los años 90, que son principalmente propiedad de los funcionarios de las principales fuentes puntuales de la ciudad. En relación a las camionetas rurales, se concentran en un 81% en la década del 80' y poseen un uso público. Véase cuadro adjunto.

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Pick Up</b>	<b>% Rural</b>	<b>% Panel</b>
Tipo de Servicio	Particular	100	3	93
	Público	0	97	7

Las camionetas rurales emplean eminentemente el Diesel 2 como combustible por ser el de menor costo, y sus recorridos son mayores (192 Km/día en promedio). Las camionetas pick up y panel, además del Diesel utilizan gasolinas de 84 y 90 octanos y sus recorridos son menores (44 y 63 Km/día en promedio respectivamente).

<b>Característica</b>	<b>Categorías</b>	<b>% Pick Up</b>	<b>% Rural</b>	<b>% Panel</b>
Tipo de Combustible	Diesel 2	58	100	93
	Gas 84	32	0	7
	Gas 90	11	0	0
Distancia Recorrida	< 20 Km/día	26	3	20
	20 - 80 Km/día	68	3	53
	81 - 200 Km/día	5	65	27
	> 200 Km/día	0	29	0

### ***Ómnibus***

Los ómnibus representan sólo el 2% 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:

<b>Tipo de Servicio</b>	<b>%</b>	<b>Recorrido Promedio, Km/día</b>
Público Urbano	75	212
Público Interprovincial	25	50



### ***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 84 Km/día.

De acuerdo al tipo de servicio y capacidad del camión, se tiene la distribución siguiente:

<b>Característica</b>	<b>Tipo</b>	<b>%</b>
Tipo de Servicio	Carga	75
	Comercial	25
Tipo de Camión	3 – 5 Ton	42
	> 5 Ton	58

### ***Remolcadores***

Emplean exclusivamente el Diesel 2 como combustible. En relación a su recorrido promedio, se estima en 50 Km/día por ser el máximo que puede recorrer una unidad dentro de la cuenca atmosférica, 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, teniéndose en conjunto un recorrido promedio de 5 Km/día por ser eminentemente de tipo particular. El combustible empleado en estas unidades se indica a continuación:

<b>Combustible</b>	<b>%</b>
Gasolina 84	83
Gasolina 95	17

### ***Locomotoras***

Las locomotoras operan en los Patios de Fundición, Simón y Puerto, teniéndose además un recorrido entre patios. El consumo de combustible anual en estos recorridos alcanza 257 327 gal/año.

### **5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras**

#### **5.3.1 Fuentes Fijas**

El universo de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Ilo fue definido para el caso de las fuentes puntuales en función a información proporcionada por la Dirección Regional de Energía y Minas, así como al conocimiento e identificación de las grandes fuentes existentes en la zona. El universo de fuentes puntuales referido a grifos corresponde a la misma institución, mientras que para las pollerías y panaderías fue necesario realizar un empadronamiento.

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

<b>Nº</b>	<b>Estrato</b>	<b>Descripción</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica</b>
1	Actividades minero-metalúrgicas	Fundición de Cobre	-	01
2		Refinería de Cobre	-	01
3		Planta de Cal	-	01
4	Actividades de la industria alimentaria	Procesamiento de pescado	-	06
5	Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	-	02
6	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	01
7	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	15
8	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Fabricación de productos de panadería	Panaderías	45
9	Actividades de combustión residencial	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	11
10		Uso doméstico de kerosene	Viviendas	-
<b>Total Fuentes Puntuales</b>				<b>12</b>
<b>Total Fuentes de Area</b>				<b>71</b>
<b>Total Fuentes Fijas</b>				<b>83</b>

### 5.3.2 Fuentes Móviles

La información empleada para determinar el universo de fuentes móviles de la cuenca atmosférica de Ilo corresponde tanto a SUNARP año 2002 como a la Municipalidad de Ilo, en cuyo caso sólo se disponía del universo total de vehículos.

En ese sentido, se consideró como información más actualizada la correspondiente a la Municipalidad, realizándose la distribución por clase vehicular en función a los porcentajes establecidos por SUNARP, quedando el universo al año 2002 como sigue:

Clase de Vehículo		Nº Unidades
		Año 2002
Automóvil		867
Station Wagon		1103
Camioneta	Pick Up	149
	Rural	265
	Panel	227
Ómnibus	<= 24 asientos	40
	> 24 asientos	21
Camión		189
Remolcador		49
Vehículos menores		52
<b>Total</b>		<b>2962</b>

Se consideraron además las locomotoras que operan en la Fundición y Puerto, pero como una unidad en su conjunto.

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 2002	Año 2001	
Automóvil	867	3.54%	1.17%	
Station Wagon	1103	8.38%	11.60%	
Camioneta	Pick Up	149	-1.43%	-0.92%
	Rural	265	3.79%	3.85%
	Panel	227	3.12%	3.47%
Ómnibus	<= 24 asientos	40	-0.67%	-0.22%
	> 24 asientos	21		
Camión	189	-0.60%	-0.30%	
Remolcador	49	3.85%	4.00%	
Vehículos menores	52	0.00%	0.00%	
<b>Total</b>	<b>2962</b>			

(1) SUNARP Ilo. Año 2002.  
Municipalidad de Ilo.

(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	
Automóvil	827	
Station Wagon	893	
Camioneta	Pick Up	153
	Rural	245
	Panel	212
Ómnibus	<= 24 asientos	40
	> 24 asientos	21
Camión	191	
Remolcador	45	
Vehículos menores	52	
<b>Total</b>	<b>2679</b>	

#### 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 Ilo, 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:  $\xi = 5\% = 0.05$   
 $Z^2_{(1-\alpha/2)} = 1.96$   
 $P = \text{proporción} = 0.5$  entonces;  $q = 1-p = 0.5$

Entonces, reemplazando en (1):

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

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

no	385
N	60

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:

$$\frac{n_0}{N} = 6.42$$

Entonces :  $n = 51.91$

Redondeo:  $n = 52$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo en la cuenca atmosférica de Ilo es de 52 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría
Pollerías	13
Panaderías	39
Grifos*	11

(\*) En relación a los grifos, éstos no fueron incluidos en el diseño muestral aún cuando son caracterizados como fuentes de área, dado que se dispuso de la información total (universo) proporcionada por la Dirección Regional de Energía y Minas.

### 5.4.1 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:

$$\frac{n_0}{N} = 0.14371034 > 0.05$$

Entonces :  $n = 337$

La muestra determinada en 337 se distribuye para cada categoría vehicular, según se indica a continuación:

<b>Clase de Vehículo</b>		<b>Muestra</b>
Automóvil		104
Station Wagon		112
Camioneta	Pick Up	19
	Rural	31
	Panel	27
Ómnibus	<= 24 asientos	5
	> 24 asientos	3
Camión		24
Remolcador		6
Vehículos menores		6
<b>Total</b>		<b>337</b>

## **6. ESTIMACIÓN DE EMISIONES**

### **6.1 Emisiones Anuales**

La Tabla N° 1 muestra que en la cuenca atmosférica de la ciudad de Ilo, a excepción del monóxido de carbono y plomo, los principales aportes de contaminantes se encuentran asociados a las fuentes puntuales, siendo el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) el que alcanza la mayor emisión de 451738 Ton/año versus una mínima contribución de las fuentes de área y móviles que en su conjunto alcanzan 165 Ton/año.

En un segundo lugar de emisión total, aunque bastante distante en magnitud de la contribución del SO<sub>2</sub>, se tienen a las partículas totales en suspensión (PTS) con 16615 Ton/año, correspondiendo a las fuentes móviles un significativo 99.7%.

Como parte de las emisiones particuladas totales, se tiene que 5331 Ton/año corresponden a partículas menores a 10 micras (aproximadamente el 32%) y que en su mayoría provienen de las fuentes puntuales. En relación a las fuentes de área, este contaminante posee un aporte de 17 Ton/año y las móviles contribuyen con 31 Ton/año. Debe notarse que en estos casos, las emisiones de PM-10 representan más del 85% de las PTS por tratarse en su mayoría de procesos de combustión.



**Tabla N° 1. Inventario de Emisiones Anuales de la Ciudad de Ilo**

Sector	Emisiones (Ton/año)							
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	H2S	Pb
Fuentes Puntuales	16564	5283	451738	2229	291	498	22	0
Fuentes de Area	20	17	7	6	178	64	0	0
Fuentes Móviles	31	31	158	270	460	95	0	1
<b>Total</b>	<b>16615</b>	<b>5331</b>	<b>451903</b>	<b>2505</b>	<b>929</b>	<b>657</b>	<b>22</b>	<b>1</b>

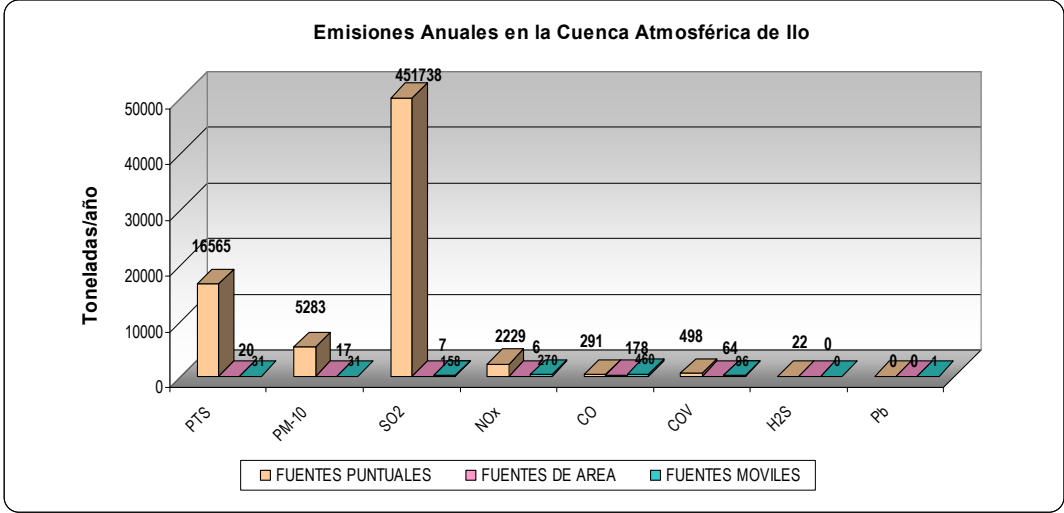
**Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de la Ciudad de Ilo**

Sector	Emisiones (%)							
	PTS	PM-10	SO2	NOx	CO	COV	H2S	Pb
Fuentes Puntuales	99.7	99.1	99.963	89.0	31.3	75.8	100.0	0.0
Fuentes de Area	0.1	0.3	0.002	0.2	19.2	9.7	0.0	0.0
Fuentes Móviles	0.2	0.6	0.035	10.8	49.5	14.6	0.0	100.0
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Los óxidos de nitrógeno (NOx) reportan en el presente inventario una emisión de 2505 Ton/año, correspondiendo a las fuentes puntuales el 89%.

También merece destacar la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV), que principalmente se encuentra asociada a la evaporación de combustibles almacenados, alcanzando 498 Ton/año por parte de las fuentes puntuales.

En el caso del monóxido de carbono, son las fuentes móviles las que alcanzan la mayor emisión con 460 Ton/año, aunque posee una representatividad de 49.5% en la cuenca. Sin embargo, debe indicarse también la importante presencia de las fuentes de área con 178 Ton/año debido al desarrollo de procesos de combustión en panaderías y pollerías.



El sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) posee una emisión exclusiva (100%) proveniente de las fuentes puntuales, y entre ellas de las actividades de procesamiento de pescado, alcanzando 22 Ton/año.

De igual manera, se tiene en el caso del plomo, que tiene una emisión exclusiva por parte de las fuentes móviles, principalmente por el consumo de Gasolina de 84 Octanos.

El análisis desagregado de las emisiones de partículas y gases, se presenta en las Tablas N° 3 a la N° 5.

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	H2S
<b>Fuentes Puntuales</b>									
Actividades minero-metalúrgicas	Fundición de Cobre	01	13584	3668	439847	0	0	0	0
	Refinería de Cobre	01	897	825	632	-	-	-	0
	Planta de Cal	01	8	< 1	261	-	-	-	0
Actividades de la industria alimentaria	Procesamiento de pescado	06	1633	401	1222	124	12	3	22
Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	02	443	389	9775	2105	278	11	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0	0	0	0	0	485	0
<b>Fuentes de Area</b>									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	15	2	1	0	1	26	< 1	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Fabricación de productos de panadería	45	16	15	< 1	2	152	50	0
Actividades de combustión residencial	Venta al por menor de combustibles para automotores	11	0	0	0	0	0	13	0
	Uso doméstico de kerosene	-	2	1	7	3	1	< 1	0
<b>EMISIONES TOTALES FUENTES FIJAS</b>			<b>16584</b>	<b>5300</b>	<b>451745</b>	<b>2235</b>	<b>469</b>	<b>562</b>	<b>22</b>

**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
<b>Fuentes Puntuales</b>						
Actividades minero-metalúrgicas	Fundición de Cobre	01	13584	0	3668	0
	Refinería de Cobre	01	897	0	825	0
	Planta de Cal	01	8	0	< 1	0
Actividades de la industria alimentaria	Procesamiento de pescado	06	1548	85	325	76
Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	02	0	443	0	389
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expendan comidas y bebidas	15	0	2	0	1
	Fabricación de productos de panadería	45	0	16	0	15
Actividades de combustión residencial	Uso doméstico de kerosene	-	0	2	0	1

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

Categoría Vehicular	Clasificación	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Automóvil		827	4	4	20	29	226	28	1
Station Wagon		893	8	8	43	36	127	18	<1
	Pick Up	153	<1	<1	2	2	13	2	<1
Camioneta	Rural	245	3	3	20	12	17	2	0
	Panel	212	1	1	5	4	7	1	<1
Ómnibus		40	3	3	17	46	23	10	0
Camión		191	6	6	28	72	31	22	<1
Remolcador		45	1	1	6	15	6	5	0
Vehículos Menores		52	<1	<1	<1	<1	2	<1	0
Locomotoras		-	4	4	17	54	8	7	0
<b>EMISIONES TOTALES FUENTES MOVILES</b>			<b>31</b>	<b>31</b>	<b>158</b>	<b>270</b>	<b>460</b>	<b>95</b>	<b>1</b>

**Tabla No 5. Emisiones Porcentuales en la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Ilo (desagregado)**

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (%)								
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	H2S	Pb	
<b>Fuentes Puntuales</b>											
Actividades minero-metalúrgicas	Fundición de Cobre	01	81.8	68.8	97.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Refinería de Cobre	01	5.4	15.5	0.1	-	-	-	0.0	0.0	0.0
	Planta de Cal	01	< 0.05	< 0.05	0.1	-	-	-	0.0	0.0	-
Actividades de la industria alimentaria	Procesamiento de pescado	06	9.8	7.5	0.3	5.0	1.3	0.4	100.0	0.0	0.0
Actividades eléctricas que realizan combustión	Generación de energía	02	2.7	7.3	2.2	84.1	30.0	1.7	0.0	0.0	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.8	0.0	0.0	0.0
<b>Fuentes de Area</b>											
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	15	< 0.05	< 0.05	0.0	0.0	2.8	< 0.05	0.0	0.0	0.0
	Fabricación de productos de panadería	45	0.1	0.3	< 0.05	0.1	16.3	7.6	0.0	0.0	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
Actividades de combustión residencial	Uso doméstico de kerosene	-	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

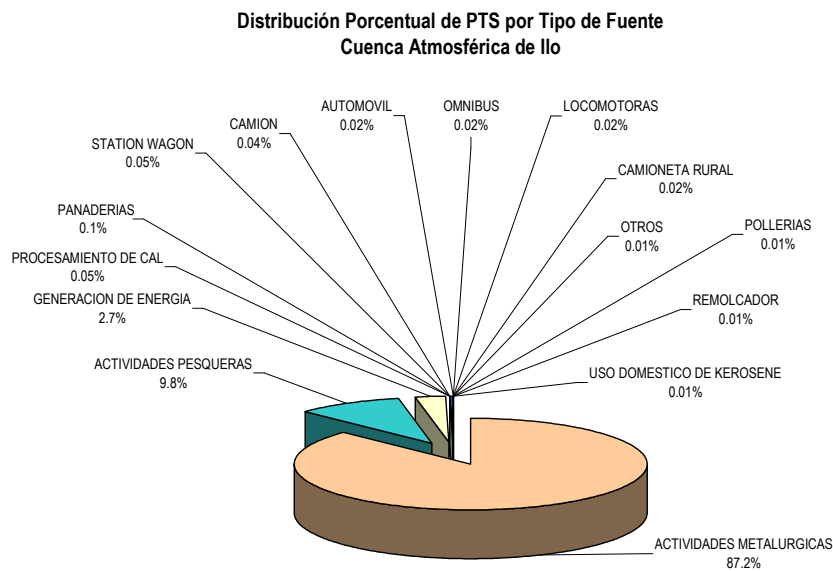
Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión (%)							
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	H2S	Pb
<b>Fuentes Móviles</b>										
Automóvil		827	< 0.05	0.1	< 0.05	1.2	24.3	4.2	0.0	60.8
Station Wagon		893	< 0.05	0.1	< 0.05	1.4	13.6	2.8	0.0	34.5
Camioneta	Pick Up	153	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.1	1.4	0.3	0.0	3.1
	Rural	245	< 0.05	0.1	< 0.05	0.5	1.8	0.3	0.0	0.0
	Panel	212	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.1	0.8	0.2	0.0	1.2
Ómnibus		40	< 0.05	0.1	< 0.05	1.8	2.5	1.5	0.0	0.0
Camión		191	< 0.05	0.1	< 0.05	2.9	3.3	3.3	0.0	0.3
Remolcador		45	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.6	0.6	0.7	0.0	0.0
Vehículos Menores		52	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.2	0.1	0.0	0.0
Locomotoras		-	< 0.05	0.1	< 0.05	2.2	0.9	1.0	0.0	0.0
<b>EMISIONES TOTALES</b>			<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

## 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

Tal como se indicó anteriormente, existe un determinante aporte de PTS equivalente a 16564 Ton/año por parte de las fuentes puntuales, que representa el 99.7% de las emisiones totales, siendo las fuentes de área sólo el 0.1% y las móviles el 0.2%, tal como se muestra en el gráfico siguiente, aunque de manera desagregada:



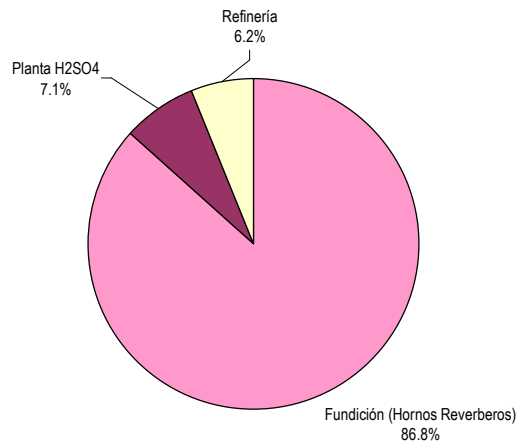
Se aprecia que las actividades metalúrgicas que involucran la fundición y refinación de cobre, representan un mayoritario 87.2%, según el detalle que se indica:

- Fundición de Cobre con 13584 Ton/año, debido a la operación de hornos reverberos y convertidor, aún considerando la disposición de sistemas de control como precipitadores electrostáticos y Planta de Acido Sulfúrico en el caso del convertidor. Esta emisión representa el 81.8% de las emisiones totales en la cuenca y el 82% de las emisiones sólo procedentes de fuentes puntuales.
- Refinería de Cobre con 897 Ton/año, cuyas emisiones proceden de la Planta de Anodos y representan valores reales dado que corresponden a mediciones realizadas por la misma empresa.



En ese sentido, la distribución de emisiones por parte de las actividades metalúrgicas es como se grafica a continuación:

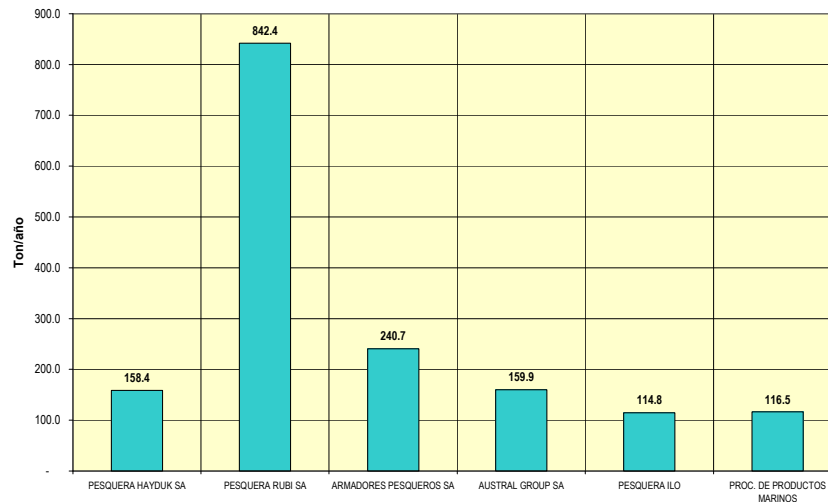
**Distribución de Emisiones por Actividades Metalúrgicas**



De otro lado, las actividades de procesamiento de pescado contribuyen con 1633 Ton/año de PTS, que corresponden a la operación de seis Plantas, e incluye las operaciones referidas a combustión además del proceso propiamente dicho.

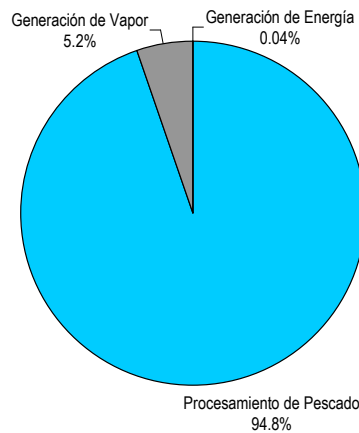
La distribución de las emisiones por cada una de las Plantas Pesqueras, así como la contribución general por operaciones de proceso y combustión se grafican a continuación:

**Emisiones de PTS por Empresa Pesquera**



Se aprecia que las mayores emisiones de PTS dentro del rubro pesquero corresponden a Pesquera Rubí S.A., debido al tipo de tecnología de secado a fuego directo empleada en su proceso, así como a los mayores volúmenes de producción que maneja, que alcanzan 199240 Ton/año y representa el 45% de la producción total en la cuenca atmosférica de la ciudad de Ilo.

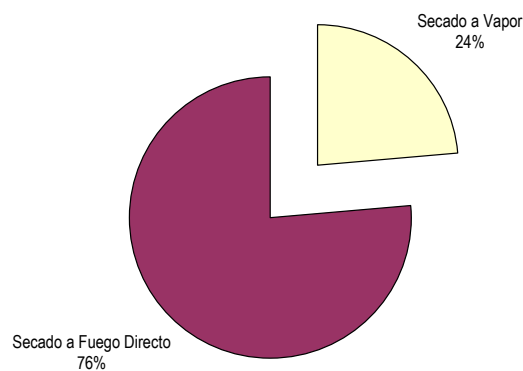
**Distribución de PTS por Combustión y Proceso en Empresas Pesqueras**



El gráfico muestra que los mayores aportes de PTS corresponden en un 94.8% al procesamiento de pescado propiamente dicho, y sólo un 5.2% a la generación de vapor con el empleo de Residual 500 como combustible. La generación de energía posee una mínima contribución.

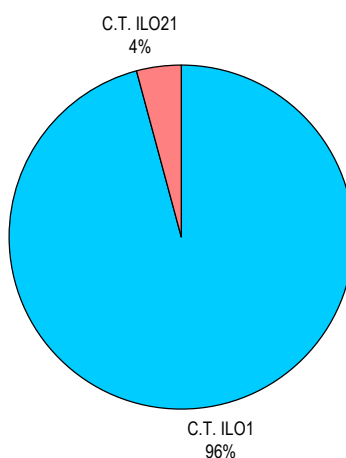
Otro aspecto importante de destacar es el tipo de tecnología empleada en las empresas pesqueras, siendo evidente en el gráfico que las mayores emisiones promedio corresponden al secado a fuego directo, que corresponde al 50% de las empresas pesqueras operativas en Ilo.

**Emisiones de PTS por Tipo de Tecnología en Empresas Pesqueras**



La generación de energía finalmente, contribuye con 443 Ton/año, en la operación de dos centrales térmicas, cuyo aporte desagregado es el siguiente:

**Emisiones de PTS por Central Térmica**



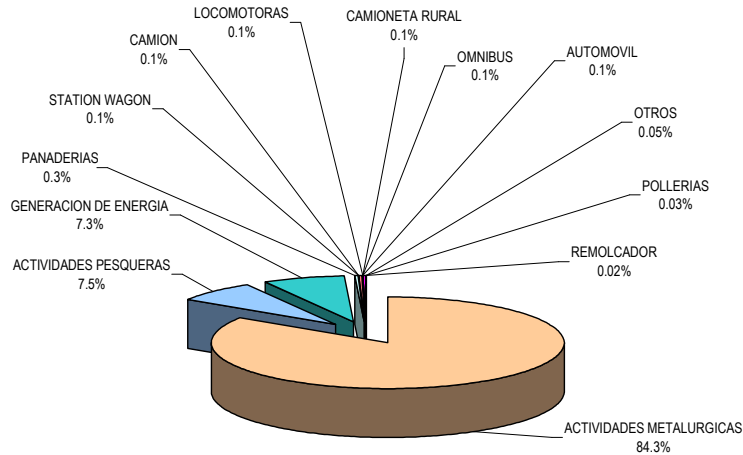
Se tiene que las mayores emisiones corresponden a la central ILO 1, debido al empleo del petróleo residual 500 como combustible en cuatro calderos, con un consumo elevado de 84560 Ton/año. En el caso de la central ILO 21, la menor emisión se debe al empleo de precipitadores electrostáticos de alta eficiencia como sistema de control de las emisiones de partículas, aún cuando emplean carbón como combustible.

El aporte de las demás fuentes es menor y comparativamente poco significativo, debiendo mencionarse que incluso la emisión de PTS por la operación de la Planta de Cal (8 Ton/año) y las emisiones individuales por cada categoría vehicular, son inferiores a la emisión producida por las panaderías (16 Ton/año).

### **Partículas en Suspensión menores a 10 micras, PM-10**

Las emisiones de PM-10, que constituyen el 32% del particulado total emitido en la cuenca, poseen la distribución total que se muestra en el gráfico siguiente:

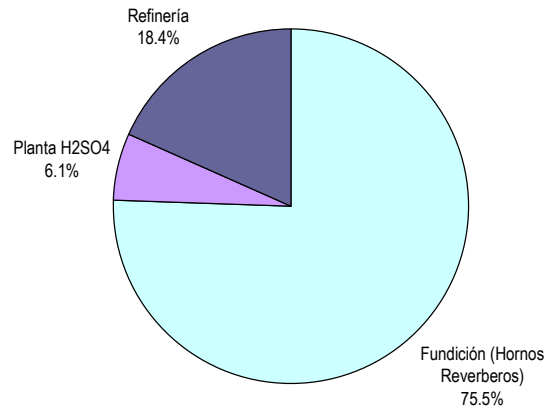
**Distribución Porcentual de PM-10 por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Ilo**



Se observa que de manera similar a lo descrito para el PTS, la contribución de PM-10 por parte de las actividades metalúrgicas alcanza el 84.3% (4493 Ton/año) de la emisión total, según el detalle siguiente:

- En la Fundición de Cobre, la emisión de PM-10 es 3668 Ton/año, la cual representa sólo un 27% de las emisiones de PTS de acuerdo a las características del proceso.
- En la Refinería de Cobre, esta contribución alcanza 825 Ton/año, representando el 92% del PTS.

**Distribución de PM-10 en Actividades Metalúrgicas**



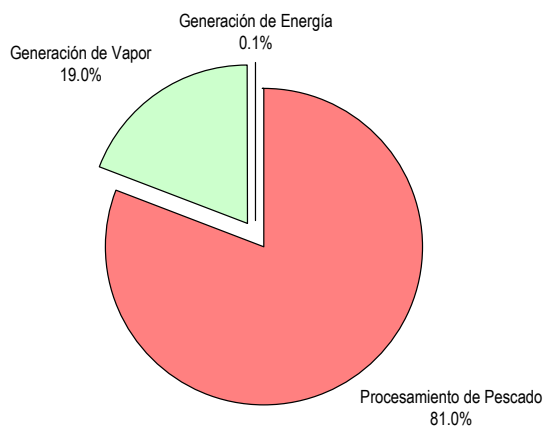
En ese sentido, el aporte de PM-10 por parte de la Refinería se incrementa de 8.2% en el caso de PTS a 18.4% en relación al PM-10.

Para el caso del procesamiento de pescado, que ocupa el segundo lugar como categoría en la emisión de PM-10 y que alcanza 401 Ton/año, se tiene que la contribución en el PTS alcanza el 25%.

La distribución de emisiones por empresa pesquera manifiesta el mismo comportamiento descrito para el PTS, en el cual el máximo aporte corresponde a Pesquera Rubí S.A. con 208 Ton/año.

En el desagregado de emisiones de PM-10 por proceso y combustión en las empresas pesqueras, se evidencia el incremento en el aporte de PM-10 por las actividades de combustión, dado que en el procesamiento esta contribución es del orden del 21% para las dos tecnologías existentes de secado a fuego directo y secado al vapor, mientras que en la combustión del residual 500 alcanza 90%.

**Emisiones de PM-10 por Proceso y Combustión en Empresas Pesqueras**



Con una emisión de PM-10 que difiere mínimamente de la correspondiente a procesamiento de pescado, se encuentra la generación de energía, alcanzando 389 Ton/año. Los aportes individuales por central térmica se indican a continuación:

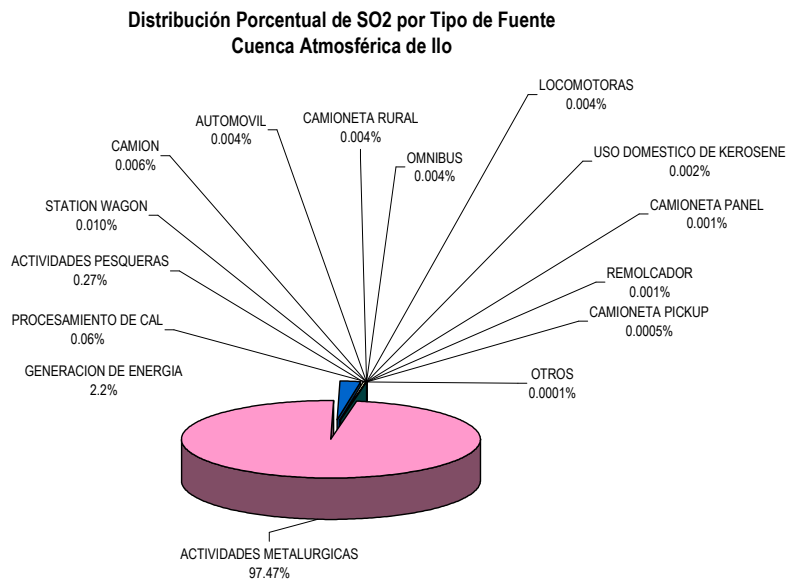
- C.T. Ilo 1 que contribuye con 382 Ton/año (98%)
- C.T. Ilo 21 que contribuye con 7 Ton/año (2%), de acuerdo a datos de monitoreo.

Las demás fuentes poseen aportes menores que alcanzan un máximo de 15 Ton/año para el caso de las 45 panaderías existentes en la cuenca, debido principalmente a la combustión de la leña.

En relación a las fuentes móviles, se debe destacar que el 100% del PTS corresponde a PM-10, debido a las características de la combustión vehicular y tipo de combustibles empleados, que determinan mayor presencia de finos.

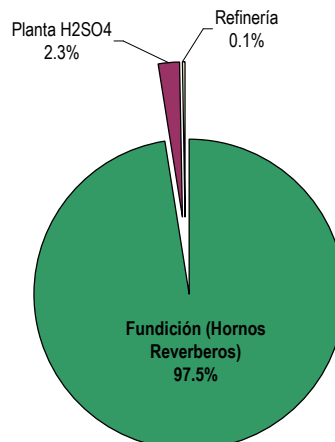
### Dióxido de Azufre, SO<sub>2</sub>

El gráfico de la distribución de SO<sub>2</sub> en la cuenca atmosférica de Ilo se presenta a continuación:



De él puede apreciarse que existe una contribución del orden del 97.5% sólo de las actividades metalúrgicas (440479 Ton/año), según la distribución que se indica a continuación:

### Emisiones de SO<sub>2</sub> por Actividades Metalúrgicas

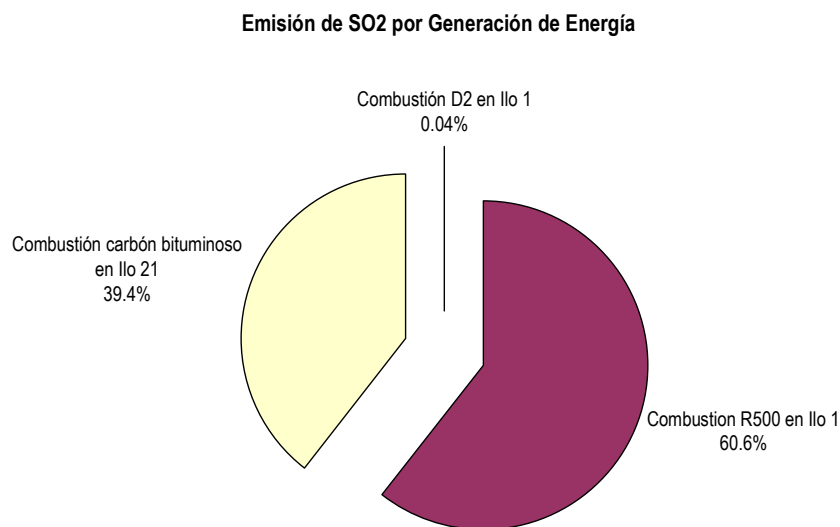


La emisión de SO<sub>2</sub> procedente de los hornos reverberos es evidentemente mayor (97.5%) debido a que el sistema de control que posee no está dirigido a reducir las emisiones de este gas generadas en la conversión a cobre ampoloso, y equivale a 429561 Ton/año.

Situación diferente ocurre en el Convertidor El Teniente, donde se dispone de una Planta de Acido Sulfúrico, que se encarga de remover el SO<sub>2</sub> y convertirlo a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, representando las emisiones en este caso sólo el 2.3% del total de las actividades metalúrgicas, aunque igualmente es una emisión bastante significativa de 10286 Ton/año.

La Refinería de Cobre por su parte contribuye con 632 Ton/año.

La segunda emisión de importancia dentro de la cuenca atmosférica lo constituye la actividad de generación de energía, con 9775 Ton/año en la operación de dos centrales térmicas, correspondiendo en este conjunto el mayor aporte de 60.6% (5923 Ton/año) a la combustión del petróleo residual 500 en la C.T. Ilo 1, debido al alto consumo de 84560 Ton/año en la operación de calderos y el contenido de azufre en el residual que es de 3.5%.



El procesamiento de pescado posee también una emisión de SO<sub>2</sub> importante de 1222 Ton/año en la operación de las seis empresas identificadas en la zona, aunque comparativamente con la contribución de la Fundición significa sólo el 0.3%.

En esta categoría, el aporte del SO<sub>2</sub> procede exclusivamente de las actividades de combustión, según se indica:

- Combustión de petróleo Residual 500 en calderas industriales, que aporta con 1180 Ton/año, por el alto contenido de azufre.
- Combustión del petróleo Diesel 2 en la operación de generadores eléctricos para casos de emergencia, que posee una emisión menor de 42 Ton/año.

De otro lado, a diferencia de las mínimas emisiones de partículas generadas por la Planta de Cal, que inclusive fueron inferiores a las correspondientes a fuentes de área, en la emisión de SO<sub>2</sub> se incrementan hasta 261 Ton/año.

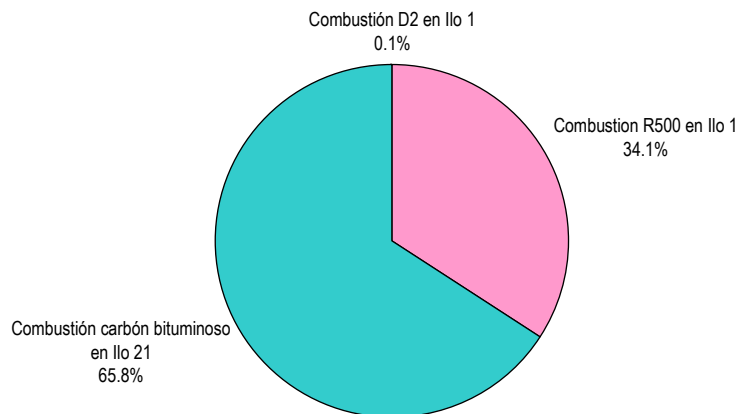
Las fuentes de área constituyen una muy mínima emisión de 7 Ton/año en su conjunto.

Las fuentes móviles totalizan 158 Ton/año de emisiones de SO<sub>2</sub>, correspondiendo 43 Ton/año a los station wagon, que predominan en la cuenca y emplean en su mayoría Diesel 2 como combustible .

### **Oxidos de Nitrógeno, NO<sub>x</sub>**

El total de emisiones de NO<sub>x</sub> en la cuenca atmosférica es de 2505 Ton/año, de los cuales 2105 Ton/año (94.2%) corresponden a la actividad de generación de energía, siendo en este caso la distribución siguiente:

**Emisiones de NO<sub>x</sub> por Generación de Energía**



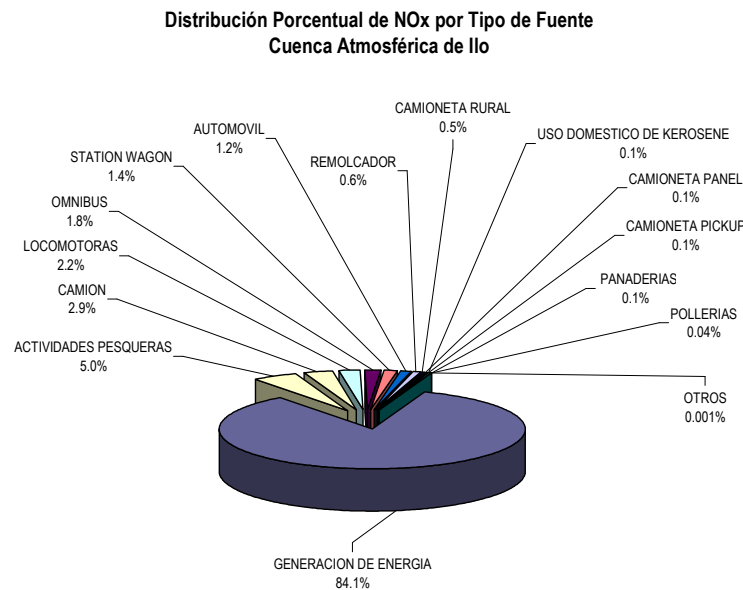
Se aprecia que a diferencia del SO<sub>2</sub>, la mayor emisión de NO<sub>x</sub> se produce por la combustión del carbón bituminoso en la C.T. Ilo 21, representando el 65.8% que equivale a 1385 Ton/año. Cabe señalar que este valor corresponde a mediciones reales efectuadas en la fuente, la cual dispone de quemadores con baja emisión de NO<sub>x</sub>.

El procesamiento de pescado posee una emisión de 124 Ton/año atribuida sólo a operaciones de combustión.



De acuerdo con el gráfico adjunto, las demás fuentes son menos significativas, aunque se debe señalar que las emisiones de fuentes móviles alcanzan 270 Ton/año que representan el 10.8% de la emisión total en la cuenca, y tienen como principales aportantes a las categorías siguientes:

- Camiones con 72 Ton/año
- Locomotoras con 54 Ton/año
- Omnibuses con 46 Ton/año



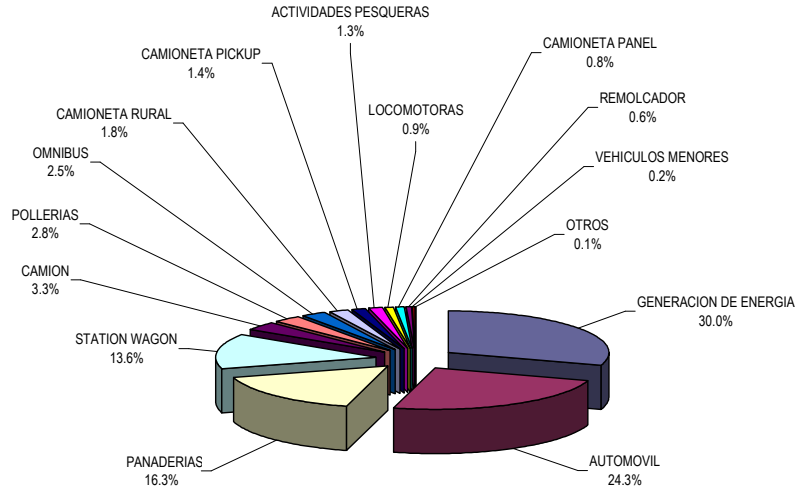
Es importante indicar finalmente, que las emisiones de NOx en la Refinería de Cobre y Planta de Cal no son medidas como parte del monitoreo realizado por la empresa, por lo cual no han sido reportadas y se desconoce su aporte.

### **Monóxido de Carbono, CO**

Las emisiones de CO en la cuenca totalizan 929 Ton/año, sin embargo, se debe destacar previamente que no se incluyen las emisiones procedentes de la Refinería de Cobre y Planta de Cal, dado que este parámetro no es medido como parte del programa de monitoreo desarrollado por la empresa titular.

El gráfico adjunto muestra los aportes de las fuentes fijas y móviles:

**Distribución Porcentual de CO por Tipo de Fuente  
Cuenca Atmosférica de Ilo**



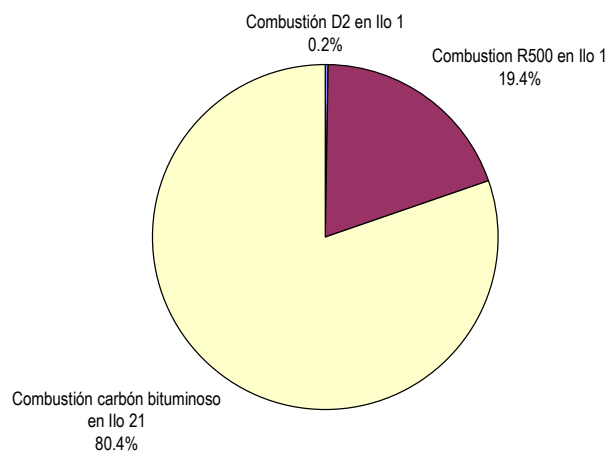
Nótese que en el caso de este parámetro existe una mayor distribución de las emisiones, tanto por las fuentes puntuales como de área y móviles, correspondiendo a esta última categoría un total de 460 Ton/año que representa el 49.5% del total.

Las emisiones de CO en el caso de las fuentes móviles se concentran entre los automóviles y station wagon, con 226 y 127 Ton/año respectivamente, principalmente 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.

Las demás categorías vehiculares alcanzan en su conjunto 107 Ton/año.

En relación a las fuentes puntuales, el 30% de las emisiones de CO corresponde a las actividades de generación de energía, eminentemente de combustión, siendo en este contexto el mayor aporte por parte de la C.T. Ilo 21 por la quema de carbón bituminoso.

### Emisiones de CO por Generación de Energía



El único caso en que las fuentes de área poseen un aporte representativo es en la emisión de CO por parte de las panaderías que alcanza 152 Ton/año, asociado predominantemente a la combustión de leña que se desarrolla en el 90% de los establecimientos de la cuenca.

Las pollerías también merecen destacar en su emisión de CO que alcanza 26 Ton/año, debido exclusivamente a la combustión del carbón vegetal en los 15 establecimientos existentes en la zona de evaluación.

Las actividades pesqueras representan el 1.3% de la emisión de CO (12 Ton/año), principalmente por la combustión del Residual 500 en los calderos industriales.

El aporte de las demás fuentes es prácticamente imperceptible, y por lo tanto menos significativos.

### Compuestos Orgánicos Volátiles, COV

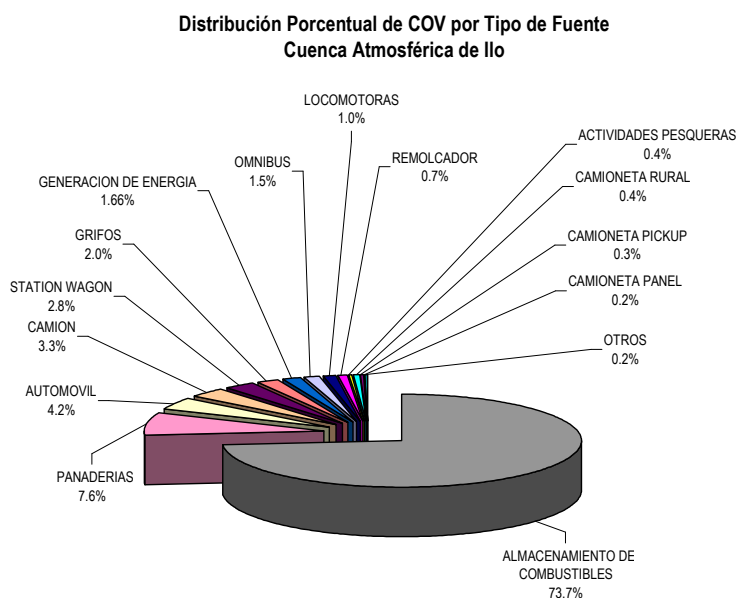
En el análisis de las fuentes que emiten COV, se incorpora como principal aportante el almacenamiento de combustibles en grandes volúmenes con una contribución de 485 Ton/año (73.8%), asociada principalmente a la emisión de los tanques de gasolina de Consorcio Terminales que disponen de techo fijo, los cuales permiten la mayor acumulación de compuestos evaporativos de hidrocarburos en los espacios generados entre el techo y el nivel del líquido.

Dentro de las pérdidas evaporativas por expendio de combustibles se tienen también a los grifos, cuya emisión alcanza 13 Ton/año y representa el 2%, y se produce durante las operaciones de carga de tanques subterráneos y recarga de vehículos.

Con un aporte mayor de COV (50 Ton/año) se encuentran las 45 panaderías existentes en la cuenca, también por la combustión de la leña que posee un factor de 46 Kg/Ton.

Entre las fuentes móviles merece destacar el aporte de COV por parte de los automóviles (28 Ton/año), camiones (22 Ton/año) y station wagon (18 Ton/año), siendo importante indicar que corresponde sólo a las emisiones por el tubo de escape y no incluye las emisiones evaporativas del vehículo.

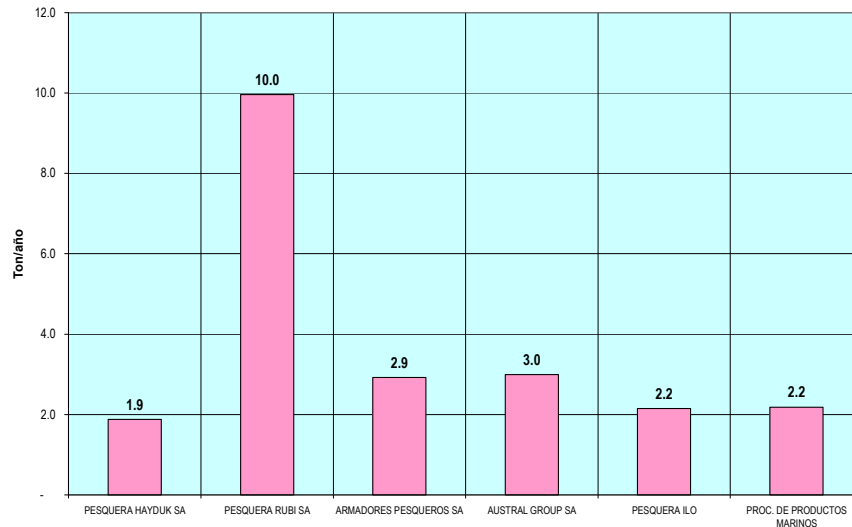
Tal como lo muestra el gráfico adjunto, las emisiones restantes poseen un menor aporte.



### Sulfuro de Hidrógeno, H<sub>2</sub>S

Este contaminante ha sido incluido en la evaluación debido a la presencia de la actividad pesquera en la cuenca, habiéndose identificado efectivamente que el 100% de su emisión (22 Ton/año) corresponde a la actividad de procesamiento de pescado en seis Plantas, cuyas emisiones individuales se muestran a continuación:

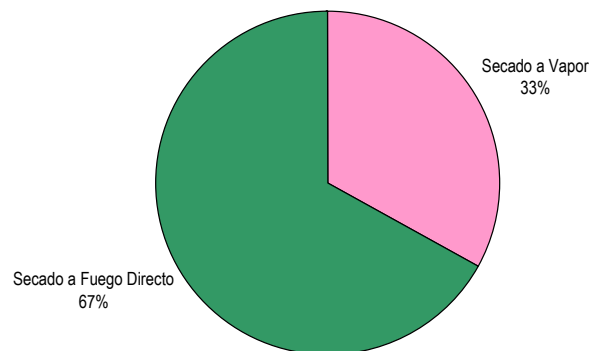
**Emisiones de H2S por Empresa Pesquera**



Nótese que la mayor emisión corresponde a Pesquera Rubí debido a su alto volumen de producción que como ya se indicó representa el 45% de la producción total en la cuenca.

Debe indicarse también que la emisión de H2S procede exclusivamente del procesamiento del pescado propiamente de dicho, y no de las actividades conexas de combustión, y además está en función del tipo de tecnología de secado empleado en el proceso, como se muestra en el gráfico siguiente:

**Emisiones de H2S por Tecnología de Secado en Empresas Pesqueras**



Se aprecia que el 67% de las emisiones de H2S se encuentran asociadas al empleo de tecnología de secado a fuego directo, que corresponde a tres de las empresas pesqueras existentes en la zona de evaluación.

## Plomo, Pb

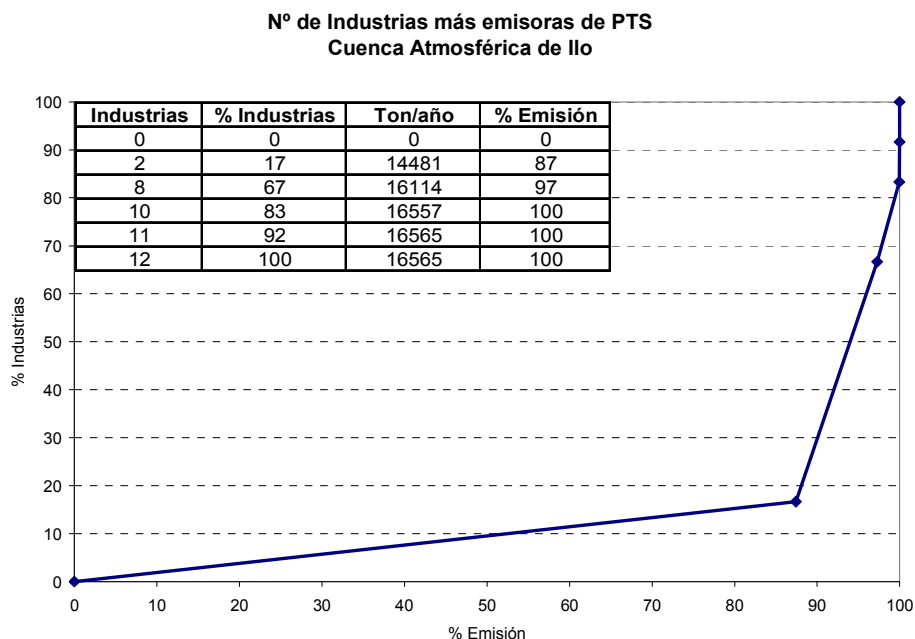
La presencia de plomo en la cuenca atmosférica de Ilo sólo es atribuible a las fuentes móviles, por el empleo de la Gasolina de 84 Octanos como combustible, aunque alcanza una emisión mínima de 1 Ton/año.

### 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 Ilo, exceptuando el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) por corresponder su emisión a una única categoría de fuente que son las actividades pesqueras.

En la Gráfica siguiente se aprecia que en la emisión de PTS para la cuenca atmosférica de Ilo, el 87% de la emisión es generada por el 17% de las industrias, que para el caso son dos pertenecientes al mismo rubro de actividades metalúrgicas, lo cual indica que los esfuerzos para controlar la emisión de éste contaminante deben estar dirigidos hacia éstas operaciones, principalmente por haberse indicado que éstas representan además el 87.3% de la emisión total de partículas en la cuenca.

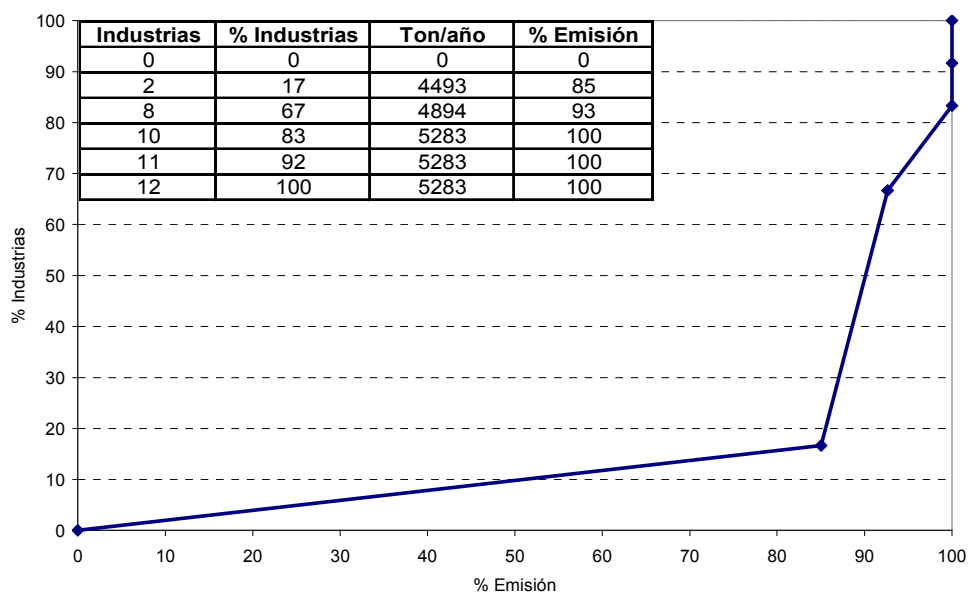
Al respecto debe señalarse que las dos "industrias" referidas corresponden a la Fundición y Refinería de Cobre, las cuales constituyen dos etapas de un mismo proceso, pero que se ubican físicamente separadas por lo tanto son dos fuentes de emisión independientes, sin embargo pertenecen al mismo titular.



Incrementando el rubro pesquero a la contribución de PTS en la cuenca, se tiene que el 67% de las industrias sería el causante del 97% de la emisión total. La ventaja en este sentido, es que el 50% de industrias adicionales pertenecen a una misma categoría de procesamiento de pescado, por lo tanto las medidas estarían dirigidas de manera simultánea al conjunto de empresas.

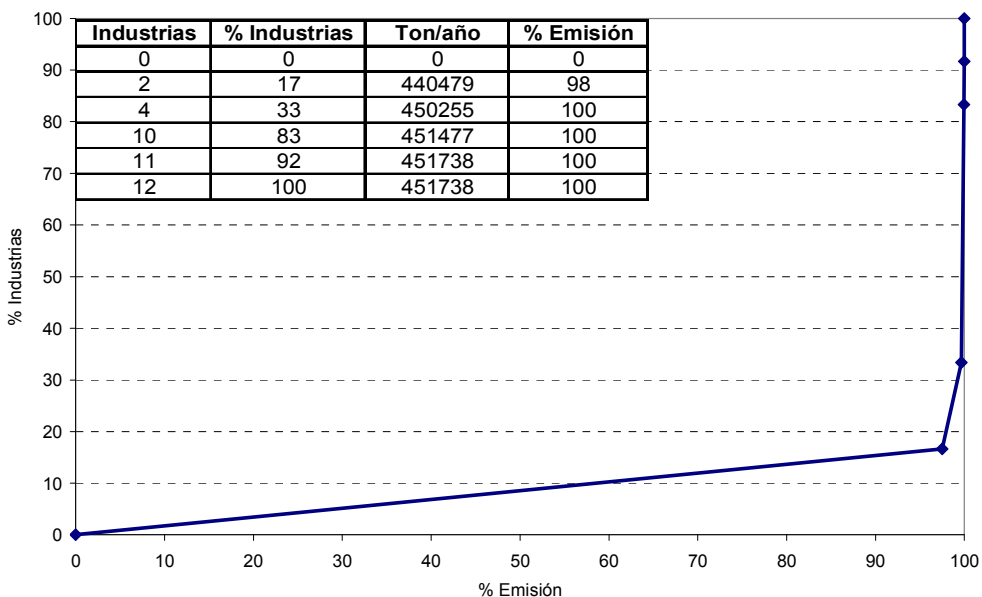
En el caso del PM-10, la gráfica manifiesta un comportamiento muy similar al del PTS, con un aporte del 93% de la emisión correspondiente al 67% de las industrias. Es evidente en este aspecto que las medidas dirigidas al control del PTS, estarían indirectamente asumiendo un control del PM-10.

**N° de Industrias más emisoras de PM-10  
Cuenca Atmosférica de Ilo**



En la emisión de SO<sub>2</sub> se tiene una contribución determinante, como se ha indicado en el desarrollo del presente documento, dado que el 98% de la emisión está concentrada en el 17% de las industrias que forman parte de la actividad metalúrgica.

**Nº de Industrias más emisoras de SO2  
Cuenca Atmosférica de Ilo**

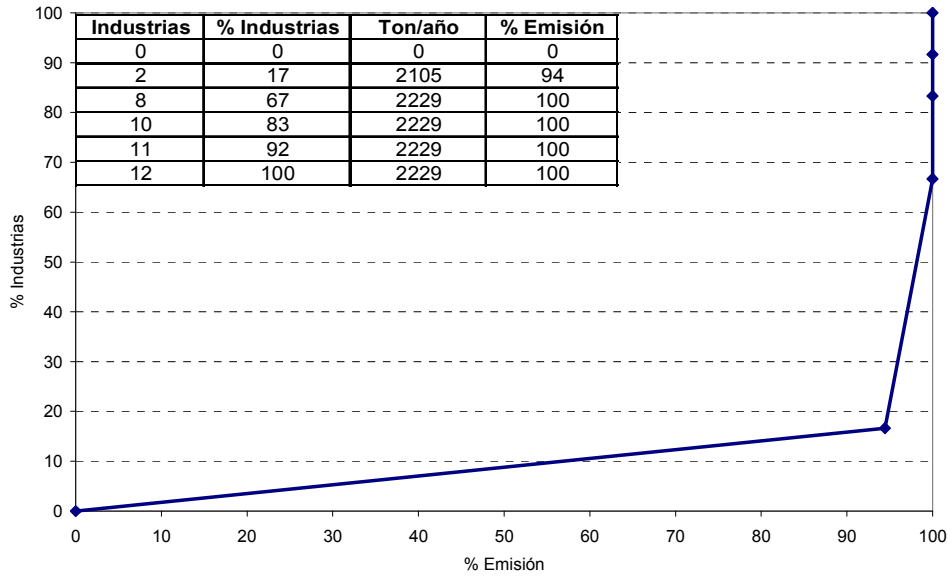


Aquí es importante señalar que de estas dos “industrias”, la Fundición de Cobre es la más significativa; sin embargo ya se tienen previstas sus mejoras de acuerdo a los compromisos asumidos con la autoridad competente del Sector Minero Metalúrgico en su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental – PAMA. Estas mejoras involucran el tratamiento de las emisiones de los convertidores y hornos reverberos para su conversión en ácido sulfúrico.

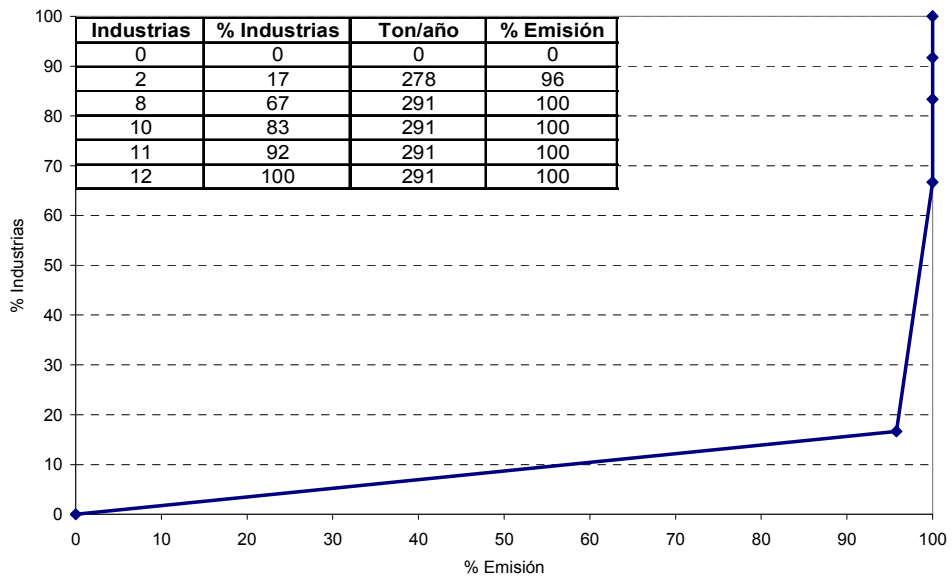
En relación a los NOx y CO, el 94 y 96% respectivamente de sus emisiones provenientes de fuentes puntuales, están representadas por un 17% de industrias, que en este caso corresponden a dos centrales térmicas de generación de energía pertenecientes a un mismo titular, pero que por su ubicación geográfica independiente son tratadas como dos fuentes puntuales.



**N° de Industrias más emisoras de NOx  
Cuenca Atmosférica de Ilo**



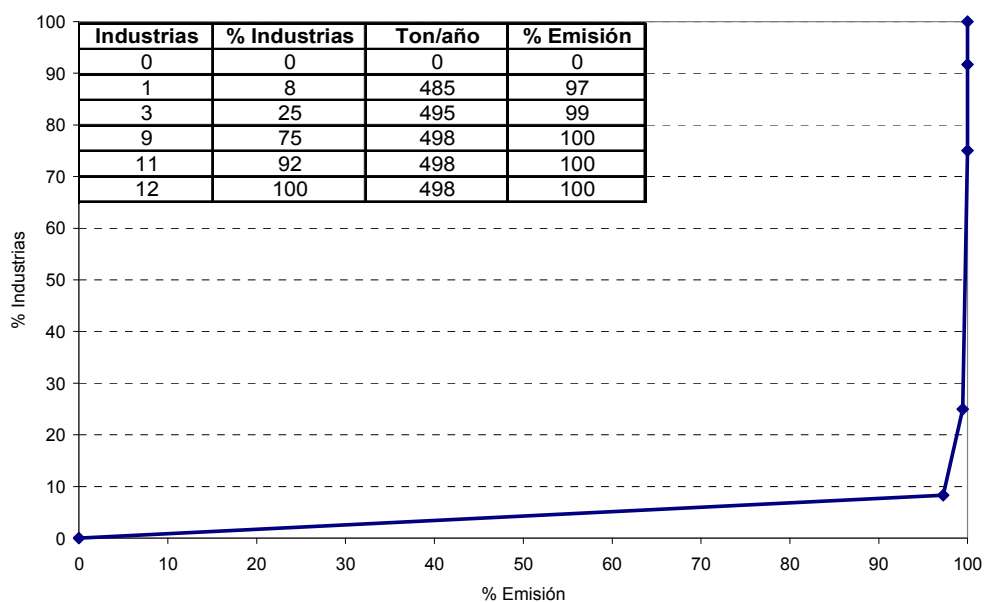
**N° de Industrias más emisoras de CO  
Cuenca Atmosférica de Ilo**



Es importante indicar en relación a estos dos gases, que no se incluyen las emisiones procedentes de la Refinería de Cobre y Planta de Cal, dado que no son conocidas.

Finalmente, de acuerdo con la gráfica, una sola industria genera el 97% de las emisiones de COV por parte de las fuentes puntuales, la cual corresponde al almacenamiento de combustibles a gran escala. Además es de importancia por generar el 86.2% de las emisiones totales en la cuenca.

**Nº de Industrias más emisoras de COV  
Cuenca Atmosférica de Ilo**



## 7. Conclusiones

- 7.1 Las fuentes puntuales identificadas en la cuenca atmosférica poseen un determinante aporte mayoritario de partículas totales en suspensión, partículas menores a 10 micras, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y sulfuro de hidrógeno.
- 7.2 La actividad metalúrgica, específicamente la Fundición de Cobre, evidencia aportes superiores al 60% en las emisiones de partículas totales, partículas menores a 10 micras y dióxido de azufre, debido principalmente a la operación de los hornos reverberos, aún cuando estos disponen de precipitadores electrostáticos como sistemas de control de emisiones de partículas y ningún control para las emisiones de dióxido de azufre.
- 7.3 El procesamiento de pescado propiamente dicho, genera también un importante aporte de partículas totales en suspensión, aunque menos significativo en el caso de las partículas menores a 10 micras, dado que en estos procesos sólo el 25% de las emisiones particuladas totales son de tipo respirable.
- 7.4 La tecnología de secado a fuego directo empleado en el 50% de las empresas pesqueras de la cuenca atmosférica de Ilo, contribuye mayoritariamente en la emisión de partículas.
- 7.5 Las emisiones más significativas de partículas por parte de las actividades de generación de energía corresponden a la central térmica que emplea como combustible el petróleo Residual 500 en la operación de sus calderos, sin disposición de sistemas de control.
- 7.6 En la generación de energía, se produce una contribución importante en las emisiones de dióxido de azufre, como consecuencia del empleo del petróleo Residual 500 en calderos, cuyo contenido de azufre es alto.
- 7.7 La contribución de dióxido de azufre por parte del sector pesquero, aunque menor a la producida por la operación de centrales térmicas, es también significativa y se encuentra asociada directamente a la combustión del Residual 500 en las calderas de generación de vapor.
- 7.8 La combustión del carbón bituminoso en una de las centrales térmicas existente en la cuenca atmosférica, origina que el rubro de generación de energía sea el causante de más del 40% de las emisiones de óxidos de nitrógeno. Esta actividad contribuye también con importantes emisiones de monóxido de carbono.

- 7.9 Las fuentes móviles, principalmente los vehículos ligeros (automóviles y station wagon), son los principales contribuyentes de monóxido de carbono en la cuenca atmosférica de Ilo.
- 7.10 Los compuestos orgánicos volátiles se atribuyen mayoritariamente a las pérdidas evaporativas por almacenamiento de combustible al por mayor, por la disposición de tanques de techo fijo para tal fin.
- 7.11 Las actividades de procesamiento de pescado constituyen los únicos emisores de sulfuro de hidrógeno en la cuenca atmosférica de Ilo.
- 7.12 Los vehículos que emplean como combustible la Gasolina de 84 Octanos son los principales emisores de plomo en la cuenca.
- 7.13 El análisis de las fuentes puntuales de la cuenca atmosférica de Ilo determinó que las emisiones de partículas y dióxido de azufre serán reducidas al incidir directamente en un mayor control en la actividad metalúrgica, sin dejar de lado el aporte del procesamiento de pescado para el caso de las partículas y la generación de energía en relación al dióxido de azufre.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Inventario de Emisiones de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Ilo**

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).