

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIGESA

INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS CUENCA ATMOSFERICA DE LA CIUDAD DE TRUJILLO

SUB PROGRAMA IM-07
PROCLIM
“INVENTARIOS LOCALES DE GASES CONTAMINANTES”



ABRIL, 2005

Ing. Roxana Ríos Ravello
Coordinadora Sub Programa IM-07
"Inventarios Locales de Gases Contaminantes"

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

Ing. Fausto Roncal Vergara
Representante Técnico Administrativo Sub Programa IM-07
Director Ejecutivo de Ecología y Protección del Ambiente
DIGESA – Ministerio de Salud

Ing. Jorge Alvarez Lam
Ing. Francisco Avendaño Ugaz
Componente Inventarios y Mitigación
PROCLIM

Colaboradores:
Grupo de Estudio Técnico Ambiental – "GESTA TRUJILLO"

INDICE

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Trujillo

	Pàg.
1. INTRODUCCIÓN	01
2. OBJETIVO	02
3. DELIMITACION GEOGRAFICA Y POBLACIÓN	02
4. METODOLOGÍA	03
5. PROCEDIMIENTO	04
5.1 Tipos de Fuentes Emisoras	04
5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras	06
5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras	17
5.4 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Area	20
5.5 Estimación de Emisiones	21
5.5.1 Emisiones Anuales	21
5.5.2 Emisiones por Contaminante	30
5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más Contaminantes	39
6. CONCLUSIONES	44
ANEXOS	

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Trujillo

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.

Con la finalidad de apoyar el cumplimiento de las responsabilidades asignadas a la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA del Ministerio de Salud, y con el objeto de integrar a esta institución en el desarrollo del Sistema Nacional Integrado de Inventarios, es que el Programa Nacional de Fortalecimiento de Capacidades para el Manejo del Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire – PROCLIM, a través de la cooperación de la Embajada Real de los Países Bajos, inicia en Octubre del 2003 el Sub Programa IM-07: “Inventarios Locales de Gases Contaminantes”.

Este Sub Programa está dirigido a la elaboración de inventarios locales de fuentes fijas en las trece ciudades de atención prioritaria establecidas en el citado D.S. N° 074-2001-PCM, que permitan identificar las principales fuentes de emisión de gases contaminantes, así como la contribución de las mismas en las emisiones totales de las ciudades seleccionadas, y disponer de una base de datos de las emisiones atmosféricas locales en trece ciudades del país.

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.

Para la elaboración de este primer inventario de emisiones a nivel local, se contó con la participación interinstitucional a través de los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Aire – Gesta's Zonales.

2. Objetivo

Elaborar el primer inventario local de emisiones procedentes de fuentes fijas de la cuenca atmosférica de la ciudad de Trujillo, con la finalidad de contar con información que indique la situación en cuanto al aporte de contaminantes a la atmósfera de los diferentes giros industriales, y de los sectores comerciales y de servicios, 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 Trujillo se encuentra dentro del Departamento de La Libertad y pertenece a la Provincia de Trujillo, y fue determinada gracias a información brindada por SENAMHI – Cajamarca; tomando los criterios de amplitud de la ocupación urbana, presencia de cerros que configuran el espacio físico desde el litoral marino hasta la cota referencial de 140 m.s.n.m. y abarcando a nueve distritos de Provincia de Trujillo que son Huanchaco, La Esperanza, Salaverry, Laredo, Trujillo, El Porvenir, Víctor Larco Herrera, Moche y Florencia de Mora, contando con una superficie territorial de 1,102.09 Km².

La población estimada para cada distrito, así como la superficie ocupada por los mismos se indican a continuación:

Distrito	Población (Habitantes)	Superficie (Km2)
Huanchaco	32178	333.90
La Esperanza	137051	15.55
Salaverry	10271	295.88
Laredo	38925	335.44
Trujillo	273239	39.36
El Porvenir	105696	36.70
Víctor Larco Herrera	59212	18.02
Moche	29268	25.25
Florencia de Mora	37955	1.99
TOTAL	723795	1102.09

En ese sentido, la densidad poblacional para la cuenca atmosférica corresponde a 656.74 habitantes por kilómetro cuadrado.

Cabe señalar que en el espacio geográfico delimitado se concentra aproximadamente el 98% de la población provincial y el 48% de la población departamental.

4. Metodología

El presente inventario de emisiones de fuentes fijas 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.

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

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

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

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

los establecimientos comerciales y de servicios, como por ejemplo las panaderías, talleres de carpintería, grifos y otros.

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

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
1	Actividades de la industria alimentaria	Industria galletera	-	Puntual
2		Molinos de granos	-	Puntual
3		Industria de bebidas gaseosas	-	Puntual
4		Industria cervecera	-	Puntual
5		Ahumadero de carne	-	Puntual
6		Deshidratadora	-	Puntual
7	Actividades agroindustriales	Industria azucarera	-	Puntual
8		Procesamiento de conservas vegetales	-	Puntual
9	Actividades de la industria química	Curtido de cuero	-	Puntual
10		Desmotado de algodón para industria textil	-	Puntual
11	Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	-	Puntual
12		Almacenamiento de carbón	-	Puntual
13	Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión institucional en hospitales	-	Puntual
14	Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles y solventes al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	Puntual
15		Imprenta periódicos	-	Puntual
16	Actividades de transformación de madera	Industria maderera	-	Puntual
17	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	Area
18		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	Area
19	Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	Molinos	Area

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Tipo de Fuente
20	Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	Curtiembres	Area
21		Fabricación de productos cerámicos para la construcción	Ladrilleras artesanales	Area
22		Fundiciones de hierro y acero	Fundiciones artesanales	Area
23		Elaboración de sustancias químicas de limpieza a pequeña escala	-	Area
24	Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	Carpinterías	Area
25		Aserraderos	Aserraderos	Area
26	Actividades artesanales no metálicas	Elaboración de briquetas de carbón	Briqueteras	Area
27	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	Area
28	Evaporación de solventes	Actividades de impresión	Imprentas	Area
29		Estampados textiles	Estampados textiles	Area
30	Otros procesos de emisiones evaporativas	Elaboración de vino a pequeña escala	-	Area

Estas totalizan 16 categorías de fuentes puntuales y 14 categorías de fuentes de área.

5.2 Caracterización de las Fuentes Emisoras

El inventario de fuentes fijas de la ciudad de Trujillo se caracteriza por incluir un mayor número de categorías de fuentes puntuales (16) y de área (14), las cuales se describen a continuación:

Industria Galletera

Esta categoría está referida a Galletera del Norte, cuyos niveles de producción se indican a continuación:

Producto	Cantidad (Cajas/mes)
Galletas de soda	240000
Galletas de vainilla	70000
Galletas rellenas	160000

Emplean como parte del proceso dos hornos galleteros, los cuales disponen de filtros de humos y son sometidos mantenimiento preventivo de manera semanal. El combustible empleado es el Gas Licuado de Petróleo (GLP) en un volumen de 16000 galones mensuales.

Molinos de Granos

Esta categoría está conformada por cinco empresas, cuyas características se presentan a continuación:

Molinera Inca S.A. - MOINSA

Materias Primas : Trigo (20000 sacos de 50 Kg por semana)
Maquinarias : 15 Molinos, 5 cernidores, 3 transportadoras
Control de emisiones : Sistemas de aspiración en los cernidores
Tipo de energía : Utiliza energía eléctrica

Cogorno S.A.

Materias Primas : Trigo (12000 sacos de 50 Kg por semana)
Maquinarias : 12 Molinos y 3 cernidores
Control de emisiones : Sistemas de aspiración en molinos y cernidores
Tipo de energía : Utiliza energía eléctrica

RECOLE S.R.Ltda.

Materia Prima : Trigo (2000 Kg/semana)
Maquinaria : 1 Mezcladora, 1 amasadora de rodillo, 1 cortadora y 1 selladora
Control de emisiones : No dispone
Tipo de energía : Utiliza energía eléctrica

Alicorp S.A.A.

Materia Prima : Trigo (130 Ton/día)
Cascarilla de arroz (20 Ton/mes)
Soya (2500 Ton/3 meses)
Pepas de algodón (15 – 20 Ton/mes)
Harina de pescado (1200 Ton/mes)

		Harina de calamar (100 Ton/mes)
		Aceite de pescado (30 Ton/semana)
Maquinaria	:	4 Molinos, 1 caldero, 1 pulverizador (molienda fina), 4 peletizadores, 1 balanza, 4 elevadores de cangilones, 14 tolvas de producto terminado, 1 ensacadora, transformadores, 1 grupo electrógeno
Control de emisiones	:	Filtros de bolsas en molinos
Tipo de energía	:	Petróleo Residual 6 (10000 Gal/mes) Diesel 2 (100 Galones de manera eventual ante la falta de energía eléctrica) GLP para el montacargas (10 Kg/mes) Energía eléctrica (380000 KW/H por mes)

Molino La Perla S.A.C.

Materia Prima	:	Soya (1100 Ton/mes) (sólo se utiliza para la mezcla, no se muele) Maiz (2500 Ton/mes) Harina de pescado (100 Ton/mes) (sólo se utiliza para la mezcla, no se muele)
Maquinaria	:	3 Molinos de martillos
Control de emisiones	:	Ciclones en los molinos
Tipo de energía	:	Petróleo Bunker (150 Gal/día) Energía eléctrica (S/. 10000 por mes)

Industria de Bebidas Gaseosas

Está referida a la operación de Embotelladora Latinoamericana S.A. y Enrique Casinelli e Hijos S.A., que tiene como principal fuente de emisión la combustión de petróleos destilados con consumos promedio anual 336 y 684 m³/año respectivamente.

Cabe indicar que ELSA dispone de calderos de tipo pirotubular, mientras que Enrique Casinelli de calderos acuotubulares.

Industria Cervecera

Unión de Cervecerías Peruana Backus & Johnston La Libertad, alcanza en su planta de Trujillo una producción de 53568 m³ de cerveza por año.

Dispone de 02 calderos acuatubulares y 01 pirotubular, en los cuales se emplean como combustibles el petróleo Bunker en un promedio de 5500 galones por semana, y el Diesel 2 en un menor volumen de 80 galones por mes. Además, para el encendido de las calderas utilizan 100 libras mensuales de GLP.

Ahumadero de Carne

Para el procesamiento de la carne, Productos Razzeto y Nestorovic S.A.C. emplea dos hornos que disponen de filtros de emisiones, los cuales emplean como combustible el petróleo residual en un volumen de 290 Galones/día.

Deshidratadora

Referida a la empresa Deshidratadora Libertad S.A.C., dedicada a la deshidratación del marigol, empleando para el proceso dos deshidratadores con ciclones, dos molinos de martillo con ciclones y filtros de mangas y una mezcladora vertical.

El combustible empleado es el petróleo Bunker, consumiéndose 300 Galones/día. Utilizan además GLP para el encendido de las maquinarias, aproximadamente 100 libras/mes.

Industria Azucarera

Empresa Agroindustrial Laredo S.A.A. cosecha 160 toneladas de caña de azúcar por hectárea, y programa para quemas 42 hectáreas al mes.

Cuenta con un caldero de fabricación 2002, cuya operatividad es al 100% y es sometido a mantenimiento semanalmente durante un día. El combustible empleado es el bagazo de la caña de azúcar en un peso promedio de 864 Toneladas/día.

El caldero dispone de sistema de captación de partículas que consiste en 16 ciclones y un lavador de gases (wet scrubber).

Para su operación en trabajos de mantenimiento poseen dos grupos electrógenos que trabajan un promedio de 4 horas a la semana.

Procesamiento de Conservas Vegetales

Tres empresas conforman esta categoría, cuyas características se presentan a continuación:

TALSA

Productos : Espárrago, pimiento del piquillo, alcachofa, vainitas (conservas)
Espárrago fresco

Maquinarias : 01 lavadora, 02 cortadoras, 02 fajas, hidrocooler, 02 blanching, 04 autoclaves, 02 codificadoras y horno de pimiento

Calderos : 02 (pirotubulares)

Combustible : Bunker (500 Gal/día)

Danper Trujillo S.A.

Productos : Espárrago blanco y verde (conservas)

Producción : 6000 Ton/año de espárragos

Maquinarias : 02 hornos, 03 compresoras de amoníaco, 07 cortadoras, 18 fajas transportadoras

Calderos : 03

Combustible : Petróleo Destilado (700 Gal/día)
GLP (120 Gal/día)

Josymar S.A.C.

Productos : Espárrago en las diferentes especies y presentaciones (conservas)

Maquinarias : 08 cerradoras, 04 autoclaves, 08 fajas, 02 lavadoras, 01 cortadora, 03 exhauster, 06 marmitas

Calderos : 01

Combustible : Bunker (3000 Galones quincenales)

Curtido de Cuero

Curtiembre Chimú Murgia Hermanos S.A. pertenece a esta categoría. Su operación es continua y emplea en el proceso 02 prensas, 02 secadoras al vacío, 01 descarnadora, 02 divisoras, 01 exprimidora, 01 raspadora, 02 lijadoras y 02 ablandadoras.

Para el secado del cuero utilizan una caldera que opera con combustible Diesel 2 en un volumen de 600 galones semanales.

Desmotado de Algodón para la Industria Textil

Creditex es una empresa textil que sólo se dedica a la actividad de hilandería con una producción mensual de 120 toneladas de hilo como producto final. Para el efecto desarrolla el desmotado de algodón en un volumen de 174 toneladas por mes.

Entre las maquinarias empleadas se tienen 02 máquinas de apertura, 48 máquinas continuas, 23 cardas, 04 coneras, 13 retorcedoras y 03 reunidoras de hilo.

Industria de Concreto

Cementos Pacasmayo S.A.A. dispone de una Planta de Concreto en la ciudad de Trujillo, en la cual para producir 50 Ton/día de concreto se utilizan los agregados siguientes:

- | | |
|----------------|------------------------|
| - Cemento | 7 Ton/día |
| - Gravilla | 40 m ³ /día |
| - Arena gruesa | 13 m ³ /día |

Durante el proceso de mezclado utilizan filtros textiles como control de emisiones. La maquinaria empleada consiste de 01 bloquetera, 08 fajas transportadoras y 01 compresor.

Almacenamiento de Carbón

Carbomin es la empresa correspondiente a este rubro, cuya actividad principal es la elaboración de briquetas de carbón, con una producción de 2000 briquetas semanales. Para el desarrollo de la actividad utilizan una chancadora y un equipo de moldeo.

La materia prima (carbón) es almacenada en pilas abiertas en un volumen de 3 toneladas por semana.

Combustión Institucional en Hospitales

Las fuentes que conforman esta categoría son las siguientes:

- Hospital Víctor Lazarte Echegaray, que consume entre 2700 galones/mes de Diesel 2 en dos calderos piro tubulares, para esterilización y lavandería.
- Hospital Belén, que consume 2500 galones/mes de Diesel 2 en un caldero y grupo electrógeno, para lavandería, cocina y esterilización central. No dispone de sistemas de control.
- Hospital Regional, que consumen 3000 galones/mes de Diesel 2 en dos calderos piro tubulares y grupo electrógeno, para generación de vapor de agua en lavandería, cocción de alimentos y planchado. No dispone de sistemas de control.

Almacenamiento de Combustibles

El Consorcio Terminales de Petroperú – Terminal Salaverry maneja los volúmenes de combustibles indicados a continuación:

Combustible	Volumen de Venta (Galones/mes)	Capacidad de Almacenamiento (Galones/mes)	Frecuencia de Abastecimiento (veces/mes)
Gasolina 84	751577	1280416	5
Gasolina 90	520991	839038	4
Gasolina 95	133852	325583	2
Kerosene	355461	708350	3
Diesel 2	5377927	2292484	5
Petróleo industrial 6	2035417	1709023	2

Los tanques de almacenamiento son de techo flotante, por lo tanto las emisiones evaporativas generadas por los mismos son menores.

Imprenta Periódicos

Este rubro está referido a la operación de la Empresa Editora La Industria de Trujillo S.A., cuyo sistema de impresión es offset en un 100%, empleando 750 Kg de tinta por mes.

Entre la maquinaria empleada se tiene: 01 rotativa offset, 02 compresores de aire, 02 procesadoras de películas, 02 equipos de ósmosis inversa y 01 teclé eléctrico.

Industria Maderera

La empresa Tableros Peruanos tiene una producción de 1000 toneladas de producto mensual, correspondiendo 50 Kg por cada tablero; emplea como materias primas las siguientes:

- Fibra de bagazo, 3000 Ton/mes
- Madera pino, 400 Ton/mes
- Urea, 55 Ton/mes
- Para-formaldehído, 39 Ton/mes
- Amoniaco, 2 Ton/mes
- Cloruro de amonio, 1800 Kg/mes

La maquinaria empleada incluye 04 molinos, 02 prensas hidráulicas, 01 cargador frontal, 03 cribas, 06 silos de almacenamiento, 02 lijadoras, 01 secador, 02 montacargas, 01 balanza, 05 sierras, 02 encoladores. Se debe indicar que la molienda gruesa se realiza en húmedo (55%).

Para el proceso de secado se emplean calderas, cuyos combustibles son el Bunker en un volumen de 3000 Gal/año y Bagazo (médula) en 25 Ton/día.

Pollerías

Las encuestas determinan un uso mayoritario (80%) del carbón vegetal como combustible en las pollerías, seguido del gas doméstico.

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

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón vegetal	80	4.8
GLP	32	1.5
Leña	4	7.3
Kerosene	4	0.4

Además, existe un uso conjunto de combustibles carbón vegetal/GLP (16%) y carbón vegetal/kerosene (4%).

Panaderías

A diferencia de las pollerías, en las panaderías predomina el empleo de la leña como combustible, aunque también se emplean combustibles no menos significativos como el Diesel, kerosene y GLP. Los porcentajes y consumos respectivos se indican a continuación:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	57	13.4
Diesel 2	30	4.6
Kerosene	22	1.8
GLP	22	1.7

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 en un 14% de los establecimientos, seguido de un 6% del diesel/gas.

Molinos

Los molinos existentes en la cuenca atmosférica de Trujillo procesan cinco tipos de granos: trigo, soya, arroz, avena y maíz, con el empleo de sistemas de control (filtro de mangas) sólo en el 20% de los establecimientos. El detalle de la información se presenta a continuación:

Tipo de Grano	% Establecimientos	Producción Promedio (Ton/año)
Trigo	20	24
Soya	60	532
Arroz	20	3.6
Avena	20	180
Maíz	80	1519

Se aprecia que en su mayoría los molinos de la ciudad procesan el maíz y en mayores volúmenes de producción. La molienda de arroz es mínima. Evidentemente que los molinos procesan diferentes tipos de granos, siendo principalmente maíz/soya en un 40%.

Es importante indicar que en su totalidad los molinos son eléctricos.

Curtiembres

Existen en la cuenca atmosférica de Trujillo un total de 75 establecimientos dedicados al curtido de cuero a nivel artesanal. Las actividades desarrolladas en esta categoría requieren la generación de vapor con el uso de calderos que emplean combustibles variados según se indica:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	47	5.8
Carbón de piedra	53	1.7
Kerosene	12	0.2
Diesel 2	6	1.3

Nótese que existe un porcentaje de establecimientos superior al 100%, debido a que se produce el uso combinado de combustibles en diferentes relaciones, predominando: carbón de piedra-leña (18%).

Ladrilleras Artesanales

En la cuenca atmosférica de Trujillo, existen 82 ladrilleras de tipo artesanal que emplean como combustibles los siguientes:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Leña	61	2.6
Carbón de piedra	100	52.1
Aceite residual	6	0.1
Petróleo residual	22	2.1

El 100% de las ladrilleras emplean el carbón de piedra (antracita) como combustible para el funcionamiento de los hornos. Se debe destacar también el

empleo, aunque mínimo (6%), de aceite residual que contribuye con emisiones de plomo.

Se identifican además usos conjuntos de combustibles, principalmente leña/carbón de piedra en un 61% de los establecimientos.

Cabe señalar que en las ladrilleras de Trujillo no se ha identificado el uso de llantas como combustible.

Fundiciones Artesanales

Las fundiciones artesanales procesan principalmente metales de hierro (2.4 Ton/mes), además de bronce (100 Kg/mes), aluminio (250 Kg/mes) y acero (60 Kg/mes), en hornos de tipo cubilote y crisol, sin el empleo de sistemas de control.

Se emplea como combustible principalmente el carbón de piedra, en un promedio de 1.2 Ton/mes, acompañado de kerosene y leña en menor grado.

Elaboración de Sustancias Químicas

Existen en la cuenca atmosférica de Trujillo, 65 establecimientos dedicados a la elaboración de sustancias químicas a pequeña escala, entre las que se encuentran: cloro, ceras, ácido sulfúrico, fragancias, ácido clorhídrico, desinfectantes, lejía comercial, ambientadores, jabones, aromatizantes y otros productos de limpieza.

El desarrollo de su actividad requiere el uso de energía, empleándose los combustibles siguientes:

Tipo de combustible	% Establecimientos	Consumo Promedio (Ton/año)
Carbón de piedra	14	8.3
GLP	43	0.2
Kerosene	14	0.1
Leña	7	0.7

Además, el 21% de estos establecimientos emplean energía eléctrica en sus procesos.

Carpinterías

Los detalles de estas actividades (a nivel de promedio) de las 97 carpinterías identificadas en la cuenca, se presentan a continuación:

m2 madera laminada/año	Cantidad de aserrín generado (Ton/año)
534.3	1.2

Thiner (Ton/año)	Laca (Ton/año)	Barniz (Ton/año)	Esmalte (Ton/año)
0.2	0.2	0.1	0.8

Aserraderos

En la cuenca atmosférica de Trujillo se han identificado 14 aserraderos, cuyos niveles promedio de trabajo se indican a continuación:

m2 madera aserrada/año	Cantidad de aserrín generado (Ton/año)
14081.6	16.2

Se considera que los aserraderos no hacen uso de pinturas ni solventes.

Grifos

Existen 84 establecimientos de venta al por menor de combustibles en la cuenca atmosférica de Trujillo, los cuales expenden gasolinas de 84, 90 y 95 octanos, así como petróleo Diesel, kerosene y GLP, sin sistema de control. Los volúmenes promedio comercializados se indican a continuación:

Tipo de Combustible	Volumen Promedio Comercializado (m3/año)
Gasolina 84	366.3
Gasolina 90	198.6
Gasolina 95	53.7
Diesel 2	825.5
Kerosene	36.4
GLP	582.5

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

De otro lado, sólo el 5% de los grifos de la cuenca expenden GLP.

Imprentas

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

Sistema de Impresión	% Establecimientos	Consumo Promedio Tinta (Ton/año)
Offset	80.2	0.07
Tipografía	38.5	0.01
Serigrafía	7.7	0.01
Huecograbado	5.5	0.12

Se aprecia que el porcentaje de establecimientos excede el 100% debido a que se realizan diferentes tipos de impresión por establecimiento.

Estampados Textiles

Los establecimientos dedicados al estampado de textiles, tienen un régimen promedio de 575 polos/mes, lo que equivale a 1.8 toneladas de tela por año. Emplean para el estampado pintura textil, consumo de 13 Kg/mes.

Elaboración de Vino

La elaboración de vino a pequeña escala se desarrolla en siete establecimientos identificados en la cuenca atmosférica de Trujillo. Se emplea como materia prima un promedio de 65 Kg/semana de uva para producir 75 Litros/semana de vino (3.9 m³/año).

5.3 Determinación del Universo de Fuentes Emisoras

El universo de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Trujillo fue definido en base a información proporcionada por los organismos públicos y privados que se indican a continuación:

- Municipalidad Provincial de Trujillo y de los otros distritos que conforman la Cuenca Atmosférica Trujillo.
- Superintendencia Nacional de Administración Tributaria – SUNAT
- Dirección Regional de Industria y Turismo – La Libertad.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI

Los sustentos para la definición del universo se incluyen en el Anexo N° 2.

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

N°	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
1	Actividades de la industria alimentaria	Industria galletera	-	01
2		Molinos de granos	-	05
3		Industria de bebidas gaseosas	-	02
4		Industria cervecera	-	01
5		Ahumadero de carne	-	01
6		Deshidratadora	-	01
7	Actividades agroindustriales	Industria azucarera	-	01
8		Procesamiento de conservas vegetales	-	03
9	Actividades de la industria química	Curtido de cuero	-	01
10		Desmotado de algodón para industria textil	-	01
11	Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	-	01
12		Almacenamiento de carbón	-	01
13	Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión institucional en hospitales	-	03
14	Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles y solventes al por mayor	Almacenamiento de combustibles	-	01
15		Imprenta periódicos	-	01
16	Actividades de transformación de madera	Industria maderera	-	01
17	Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	Pollerías	112
18		Fabricación de productos de panadería	Panaderías	312
19	Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	Molinos	23

Nº	Estrato	Descripción	Nombre Común	Total Fuentes en la Cuenca Atmosférica
20	Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	Curtiembres	75
21		Fabricación de productos cerámicos para la construcción	Ladrilleras artesanales	82
22		Fundiciones de hierro y acero	Fundiciones artesanales	15
23		Elaboración de sustancias químicas de limpieza a pequeña escala	-	65
24	Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	Carpinterías	97
25		Aserraderos	Aserraderos	14
26	Actividades artesanales no metálicas	Elaboración de briquetas de carbón	Briqueteras	38
27	Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	Grifos	84
28	Evaporación de solventes	Actividades de impresión	Imprentas	411
29		Estampados textiles	Estampados textiles	18
30	Otros procesos de emisiones evaporativas	Elaboración de vino a pequeña escala	-	07
Total Fuentes Puntuales				25
Total Fuentes de Area				1353
Total Fuentes Fijas				1378

5.4 Determinación del Tamaño Muestral para Fuentes de Area

Por sus características particulares definidas anteriormente, las fuentes de área requieren de la determinación de un número representativo de ellas que permitan caracterizar el universo. En ese sentido, se aplicó el Muestreo Aleatorio Estratificado con error del 5% y nivel de confianza del 95%, cuyo procedimiento de cálculo se describe en el Anexo N° 1.

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

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

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):

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

$$n_0 = 384.16$$

$$n_0 = 385$$

no	385
N	1353

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:

$$\frac{n_0}{N} = 0.28$$

Entonces : $n = 299.72$

Redondeo: $n = 300$

En ese sentido, el número de fuentes de área a encuestar para disponer de estimaciones representativas del universo en la cuenca atmosférica de Trujillo es de 300 encuestas, distribuidas de acuerdo a su ponderación por categoría, como se indica a continuación:

Nombre Común	Muestra calculada por Categoría
Pollerías	25
Panaderías	69
Molinos (pequeña escala)	5
Curtiembres (pequeña escala)	17
Ladrilleras artesanales	18
Fundiciones artesanales	3
Elaboración de sustancias químicas (pequeña escala)	14
Carpinterías	22
Aserraderos	3
Briqueteras	8
Grifos	19
Imprentas	91
Estampados Textiles	4
Elaboración de vino (pequeña escala)	2

Algunos modelos de encuestas aplicados en el levantamiento de información de campo, se incluyen en el Anexo N° 3.

5.5 Estimación de Emisiones

5.5.1 Emisiones Anuales

Las emisiones anuales por tipo de fuente para la cuenca atmosférica de Trujillo se incluyen en las Tablas N° 1 y N° 2.

En ellas se aprecia que los contaminantes mayormente emitidos, alcanzando 3093 Ton/año, son las partículas totales en suspensión (PTS), a consecuencia de un importante aporte del 88.5% de las fuentes puntuales.

Como parte de las emisiones particuladas, se tiene que 357 Ton/año corresponden a partículas menores a 10 micras (aproximadamente el 12%) y que en su mayoría provienen de las fuentes puntuales. Sin embargo, en este aspecto se debe destacar que la estimación consignada en las tablas de resultados no corresponde totalmente al aporte de las fuentes puntuales, dado que no fue posible determinar el aporte de PM-10 de los molinos de trigo, arroz y maíz, ni de las actividades de desmotado de algodón. En ese sentido, se estima que la emisión de PM-10 en la cuenca atmosférica de Trujillo sea mayor.

En segundo lugar, aunque representando sólo el 28% de la emisión de PTS, se tiene al monóxido de carbono (CO) con 855 Ton/año, cuya principal fuente de emisión lo constituyen los procesos de combustión desarrollados en algunas fuentes de área.

También merece destacar la emisión de dióxido de azufre (SO₂), que alcanza 350 Ton/año, de las cuales el 83.4% corresponde a emisiones de fuentes puntuales.

Otro de los contaminantes cuya emisión se ve asociada a las fuentes puntuales son los óxidos de nitrógeno (NO_x), con 200 Ton/año de un total de 219 Ton/año emitidos en la cuenca.

Al igual que el CO, los compuestos orgánicos volátiles (COV) evidencian su mayor emisión asociada a las fuentes de área, con una predominancia no determinante de 57.3%.

El elemento plomo tiene un aporte nulo por parte de las fuentes puntuales, y poco significativo (<1 Ton/año) proveniente de las fuentes de área.

De manera general, en la ciudad de Trujillo las 25 fuentes puntuales representan el mayor aporte de PTS, PM-10, SO₂ y NO_x, siendo la participación de las fuentes de área menor.

Tabla N° 1. Inventario de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Trujillo

Sector	Emisiones (Ton/año)						
	PTS	PM-10	SO ₂	NO _x	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	2739	240	292	200	135	260	0
Fuentes de Area	354	117	58	19	720	349	<1
Total	3093	357	350	219	855	609	<1

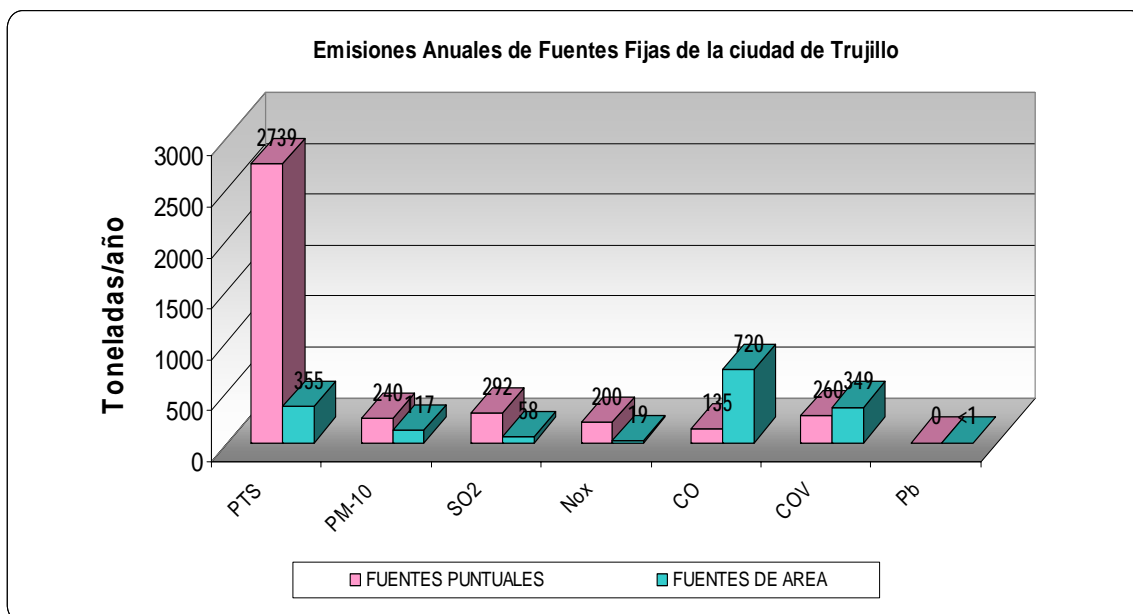


Tabla N° 2. Inventario Porcentual de Emisiones Anuales de Fuentes Fijas de la Ciudad de Trujillo

Sector	Emisiones (%)						
	PTS	PM-10	SO ₂	NO _x	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales	88.5	67.1	83.4	91.1	15.8	42.7	0.0
Fuentes de Area	11.5	32.9	16.6	8.9	84.2	57.3	100.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

En la Tabla N° 3 se muestra el inventario de fuentes fijas desagregado para la cuenca atmosférica de Trujillo, evidenciándose que el mayor aporte de PTS corresponde a las actividades de molienda de granos, constituido por cinco empresas molineras clasificadas como fuentes puntuales, alcanzando un total 2352 Ton/año, que representa el 76% del total de emisiones de PTS en la cuenca.

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales									
Actividades de la industria alimentaria	Industria galletera	01	< 1	< 1	< 1	1	< 1	< 1	0
	Molinos de granos	05	2352	73*	45	4	< 1	< 1	0
	Industria de bebidas gaseosas	02	< 1	< 1	18	2	1	< 1	0
	Industria cervecera	01	48	31	74	7	1	14	0
	Ahumadero de carne	01	2	2	27	3	< 1	< 1	0
	Deshidratadora	01	2	2	28	3	< 1	< 1	0
Actividades agroindustriales	Industria azucarera	01	241	101	0	162	131	20	0
	Procesamiento de conservas vegetales	03	5	5	90	10	1	< 1	0
Actividades de la industria química	Curtido de cuero	01	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	0
	Desmotado de algodón para industria textil	01	10	**	0	0	0	0	0
Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	01	5	1	0	0	0	0	0
	Almacenamiento de carbón	01	< 1	< 1	0	0	0	0	0
Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión institucional en hospitales	03	< 1	< 1	6	1	< 1	< 1	0
Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles y solventes al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0	0	0	0	0	226	0
	Imprenta periódicos	01	0	0	0	0	0	< 1	0
Actividades de transformación de madera	Industria maderera	01	73	26	1	6	< 1	< 1	0

(*) La estimación de PM-10 corresponde sólo a los molinos de soya, dado que se desconoce el porcentaje de aporte de partículas menores a 10 micras en los molinos de trigo, maíz y arroz.

(**) No se dispone del porcentaje de aporte de PM-10 en el particulado total para las actividades de desmotado de algodón.

Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes de Area									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	112	10	9	< 1	7	159	2	0
	Fabricación de productos de panadería	312	36	32	10	5	330	109	0
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	23	262	52	0	0	0	0	0
Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	75	1	1	1	< 1	6	1	0
	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	82	24	13	44	7	211	45	< 1
	Fundiciones de hierro y acero	15	1	1	2	< 1	11	2	0
	Elaboración de sustancias químicas de limpieza a pequeña escala	65	< 1	< 1	1	< 1	3	1	0
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	97	3	1	0	0	0	34	0
	Aserraderos	14	10	6	0	0	0	0	0
Actividades artesanales no metálicas	Elaboración de briquetas de carbón	38	7	2	0	0	0	0	0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	84	0	0	0	0	0	141	0
Evaporación de solventes	Actividades de impresión	411	0	0	0	0	0	10	0
	Estampados textiles	18	0	0	0	0	0	5	0
Otros procesos de emisiones evaporativas	Elaboración de vino a pequeña escala	07	0	0	0	0	0	< 1	0
EMISIONES TOTALES			3093	357	350	219	855	609	< 1

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
Fuentes Puntuales						
Actividades de la industria alimentaria	Industria galletera	01	0	< 1	0	< 1
	Molinos de granos	05	2349	3	70	3
	Industria de bebidas gaseosas	02	0	< 1	0	< 1
	Industria cervecera	01	43	5	26	5
	Ahumadero de carne	01	0	2	0	2
	Deshidratadora	01	0	2	0	2
Actividades agroindustriales	Industria azucarera	01	0	241*	0	101*
	Procesamiento de conservas vegetales	03	0	5	0	5
Actividades de la industria química	Curtido de cuero	01	0	< 1	0	< 1
	Desmotado de algodón para industria textil	01	10	0	**	0
Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	01	5	0	1	0
	Almacenamiento de carbón	01	< 1	0	< 1	0
Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión institucional en hospitales	03	0	< 1	0	< 1
Actividades de transformación de madera	Industria maderera	01	0	73	0	26

(*) La estimación de partículas por combustión incluye quemas de cultivos de caña de azúcar.

(**) No se dispone del porcentaje de aporte de PM-10 en el particulado total para las actividades de desmotado de algodón.

Estrato	Descripción	Nº Fuentes	Emisión (Ton/año)			
			PTS		PM-10	
			Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión	Emisiones de Proceso	Emisiones de Combustión
Fuentes de Area						
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	112	0	10	0	9
	Fabricación de productos de panadería	312	0	36	0	32
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	23	262	0	52 ^{***}	0
Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	75	0	1	0	1
	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	82	0	24	0	13
	Fundiciones de hierro y acero	15	0	1	0	1
	Elaboración de sustancias químicas de limpieza a pequeña escala	65	0	< 1	0	< 1
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	97	3	0	1	0
	Aserraderos	14	10	0	6	0
Actividades artesanales no metálicas	Elaboración de briquetas de carbón	38	7	0	2	0

(***) La estimación de PM-10 corresponde sólo a los molinos de soya, dado que se desconoce el porcentaje de aporte de partículas menores a 10 micras en los molinos de trigo, maíz y arroz.

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

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (%)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes Puntuales									
Actividades de la industria alimentaria	Industria galletera	01	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.5	< 0.05	< 0.05	0.0
	Molinos de granos	05	76.0	20.5	12.9	2.1	< 0.05	< 0.05	0.0
	Industria de bebidas gaseosas	02	< 0.05	< 0.05	5.0	1.1	0.1	< 0.05	0.0
	Industria cervecera	01	1.6	8.5	21.3	3.4	0.1	2.2	0.0
	Ahumadero de carne	01	0.1	0.5	7.8	1.2	< 0.05	< 0.05	0.0
	Deshidratadora	01	0.1	0.5	8.1	1.3	< 0.05	< 0.05	0.0
Actividades agroindustriales	Industria azucarera	01	7.8	28.2	0.0	73.7	15.3	3.3	0.0
	Procesamiento de conservas vegetales	03	0.2	1.3	25.6	4.7	0.2	< 0.05	0.0
Actividades de la industria química	Curtido de cuero	01	< 0.05	< 0.05	0.6	0.1	< 0.05	< 0.05	0.0
	Desmotado de algodón para industria textil	01	0.3	**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actividades de la industria no metálica	Industria de concreto	01	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Almacenamiento de carbón	01	< 0.05	< 0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actividades institucionales que realizan combustión	Combustión institucional en hospitales	03	< 0.05	< 0.05	1.8	0.4	< 0.05	< 0.05	0.0
Pérdidas evaporativas por manejo de combustibles y solventes al por mayor	Almacenamiento de combustibles	01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	0.0
	Imprenta periódicos	01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Actividades de transformación de madera	Industria maderera	01	2.4	7.2	0.2	2.5	< 0.05	< 0.05	0.0

(*) La estimación de PM-10 corresponde sólo a los molinos de soya, dado que se desconoce el porcentaje de aporte de partículas menores a 10 micras en los molinos de trigo, maíz y arroz.

(**) No se dispone del porcentaje de aporte de PM-10 en el particulado total para las actividades de desmotado de algodón.

Estrato	Descripción	N° Fuentes	Emisión (Ton/año)						
			PTS	PM-10	SO2	NOX	CO	COV	Pb
Fuentes de Area									
Actividades comerciales y de servicios que realizan combustión	Restaurantes, cafés y otros establecimientos que expenden comidas y bebidas	112	0.3	2.6	< 0.05	3.1	18.5	0.4	0.0
	Fabricación de productos de panadería	312	1.2	9.0	2.9	2.3	38.6	17.8	0.0
Actividades productivas de molinería	Molienda de granos	23	8.5	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otras fuentes de combustión industrial	Curtido de cuero	75	< 0.05	0.3	0.2	0.1	0.7	0.1	0.0
	Fabricación de productos cerámicos para la construcción	82	0.8	3.6	12.7	3.1	24.7	7.3	100.0
	Fundiciones de hierro y acero	15	< 0.05	0.2	0.6	0.2	1.3	0.4	0.0
	Elaboración de sustancias químicas de limpieza a pequeña escala	65	< 0.05	0.1	0.2	0.1	0.4	0.1	0.0
Actividades de transformación de madera	Fabricación de muebles y piezas para edificios y construcción	97	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0
	Aserraderos	14	0.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Actividades artesanales no metálicas	Elaboración de briquetas de carbón	38	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pérdidas evaporativas por expendio de combustible	Venta al por menor de combustibles para automotores	84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	0.0
Evaporación de solventes	Actividades de impresión	411	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0
	Estampados textiles	18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
Otros procesos de emisiones evaporativas	Elaboración de vino a pequeña escala	07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	< 0.05	0.0
EMISIONES TOTALES			100.0	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.

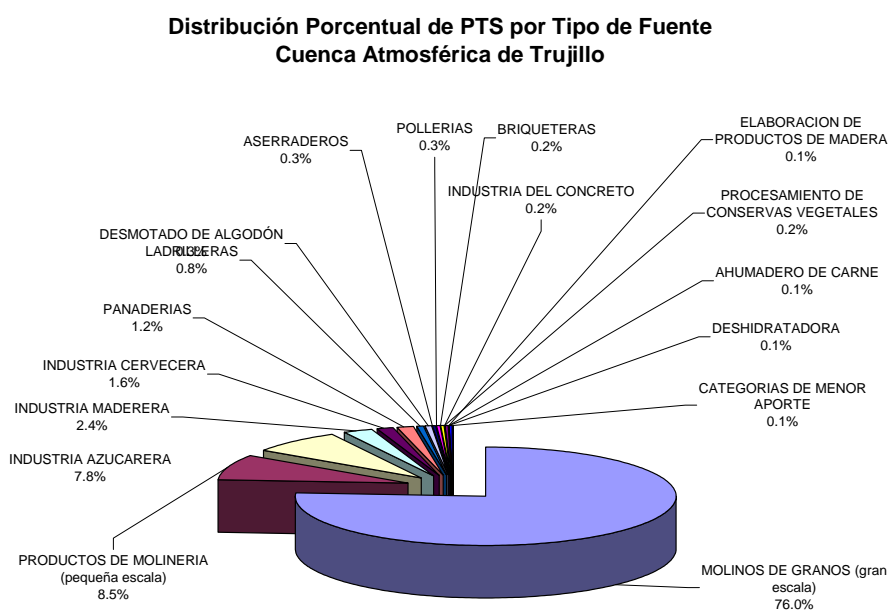
Partículas Totales en Suspensión, PTS

De la Tabla N° 3, se aprecia que la mayor emisión de PTS es generada por la operación de los molinos de granos a gran escala, alcanzando un aporte 2352 Ton/año y representando el 76% del total emitido en la cuenca.

Del total de esta emisión, 2348 Ton/año corresponden efectivamente al proceso de molienda, mientras que sólo 3 Ton/año a las actividades de generación de energía.

Respecto a los procesos, se debe destacar que de las cinco empresas que conforman esta categoría, cuatro de ellas realizan molienda de trigo, dos de las cuales no emplean ningún sistema de control de emisiones y corresponden a Molinera Inca S.A. y Recole S.R.Ltda., teniéndose en estos casos un factor de emisión alto de 38 Kg/Ton.

En relación a los procesos de combustión, dos empresas del conjunto no emplean energía eléctrica, utilizando para la generación de energía petróleos residuales.



Según se aprecia en el Gráfico, en el segundo lugar de emisión, aunque representando sólo el 11% (262 Ton/año) de las emisiones de las grandes molineras, se tienen las actividades de molienda de granos a pequeña escala desarrolladas en 23 establecimientos dentro de la cuenca.

Con una emisión similar de 241 Ton/año, se tienen las actividades de la industria azucarera, en la cual las emisiones son en su totalidad de combustión, aunque se consideran las dos categorías siguientes:

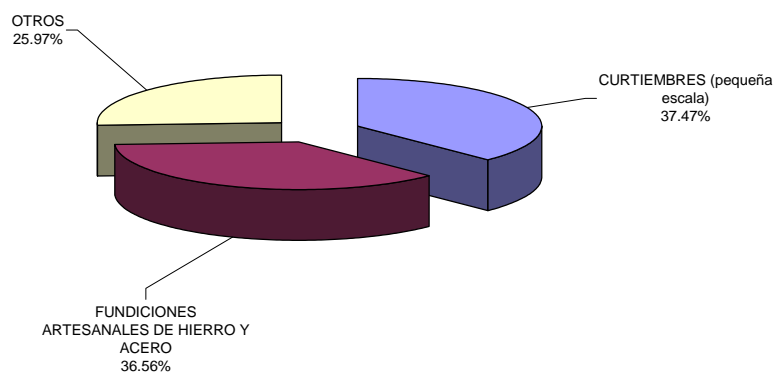
- Combustión de bagazo de caña en calderos industriales, que dispone de ciclones como sistema de control, reduciendo este aporte de PTS en un 90% y alcanzando un total de 216 Ton/año.
- Quema de 42 hectáreas mensuales de cultivos de caña de azúcar, desarrollado en las mismas instalaciones, que emite un total de 25 Ton/año de PTS.

Otros aportes de PTS que merecen destacarse son los siguientes:

- Industria maderera como fuente puntual, con 73 Ton/año, referida básicamente a procesos de combustión.
- Industria cervecera con 48 Ton/año, de las cuales 43 Ton/año son emitidas por el proceso y sólo 5 Ton/año por la combustión de petróleo destilado, residual y GLP.
- Panaderías con una emisión total de 36 Ton/año, correspondiente a 312 establecimientos, principalmente por la combustión de la leña.
- Ladrilleras artesanales con 24 Ton/año, correspondiente a 82 establecimientos, mayoritariamente por la combustión del carbón de piedra (antracita).

El aporte de las demás fuentes es menor y poco significativo. Las categorías que poseen una emisión individual menor o igual a 1 Ton/año se grafican a continuación:

**Distribución Porcentual de PTS - Categorías de menor aporte
Cuenca Atmosférica de Trujillo**

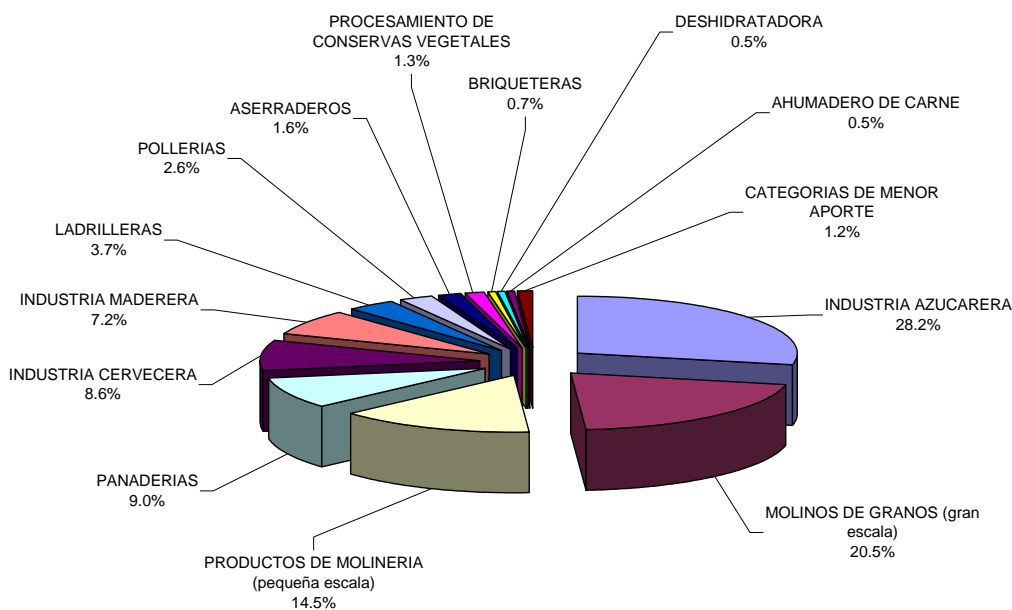


Partículas en Suspensión menores a 10 micras, PM-10

Antes de iniciar el análisis de las emisiones de PM-10, se debe reiterar que los resultados consignados en el presente inventario se encuentran incompletos ante la falta de información necesaria para determinar las emisiones procedentes de las actividades de desmotado de algodón y de molienda de granos de trigo, maíz y arroz.

De la Tabla N° 3 y gráfico adjunto, se observa que las mayores emisiones de este contaminante corresponden a la industria azucarera con 101 Ton/año, que representan el 42% de las emisiones de PTS para esta misma categoría, y además el 28% de las emisiones totales estimadas para la cuenca que alcanzan 357 Ton/año.

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



Del total de emisiones de PM-10 atribuidas a la industria azucarera, se tienen dos aportes referidos a la combustión del bagazo, en cuyo caso el 35% de las emisiones de partículas corresponden a PM-10, y la quema de cultivos donde se tiene una contribución de PM-10 del 100%.

Con una contribución del 20.5%, se tiene como segundo lugar de emisión de PM-10 a las actividades de molienda de granos a gran escala, con un total de 73 Ton/año, de las cuales 70 Ton/año son generadas por la molienda propiamente dicha y el restante por combustión. Este aporte no incluye la emisión de PM-10 generada por los molinos de trigo, maíz y arroz.

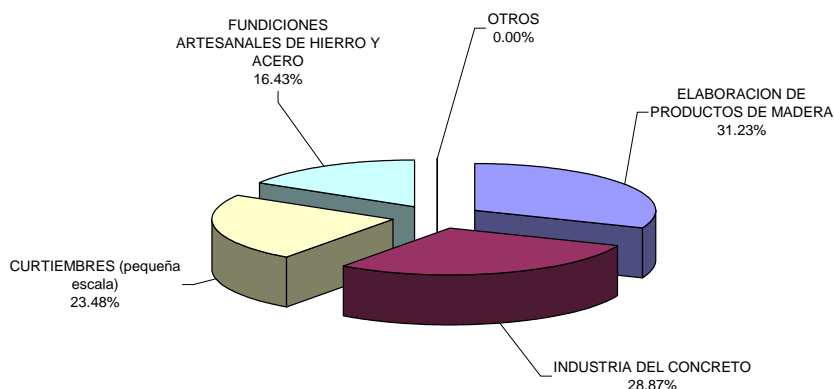
En tercer orden de magnitud se ubican los molinos de granos a pequeña escala, que totalizan 23, con una emisión de 52 Ton/año.

Al igual que en el caso del PTS, siguen en importancia las categorías siguientes:

- Panaderías con 32 Ton/año de aporte, por la predominancia de uso de la leña, que aporta emisiones de PM-10 en un 89.77%.
- Industria cervecera con 31 Ton/año, correspondiendo el 84% aproximadamente a emisiones de proceso.
- Industria maderera con 26 Ton/año, por el uso predominante del bagazo como combustible cuya contribución de PM-10 es del orden del 35%.

Las emisiones correspondientes a las demás fuentes son menores. En el gráfico siguiente se muestran las fuentes de menor contribución de PM-10 (menor o igual a 1 Ton/año):

**Distribución Porcentual de PM-10 - Categorías de menor aporte
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



Merece destacar en este conjunto a las emisiones procedentes de la industria del concreto, en la cual sólo el 20% de las emisiones de PTS corresponden a partículas menores a 10 micras.

Dióxido de Azufre

Representando el 25.6% de las emisiones de dióxido de azufre en la cuenca, se tienen a las actividades de procesamiento de conservas vegetales con 90 Ton/año, asociadas en su totalidad a procesos de combustión en calderos industriales en los cuales se emplean petróleos residuales cuyo contenido de azufre es de 3.5%, y Diesel 2 que alcanza 1% de azufre.

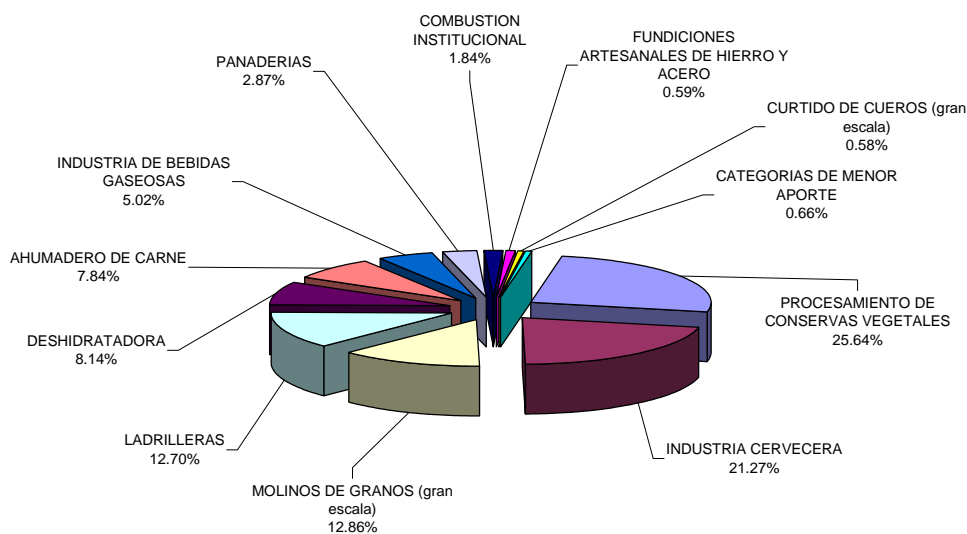
La industria cervecera contribuye con 74 Ton/año de SO₂, por el empleo de tres combustibles: petróleo residual, Diesel 2 y GLP, siendo el mayor aportante el primero.

Con 45 y 44 Ton/año respectivamente, se tienen a los molinos de granos a gran escala y las ladrilleras artesanales. En el primer caso por la combustión de petróleos residuales en las empresas Alicorp S.A.A. y Molino La Perla, en cantidades que superan las 200 y 400 Ton/año respectivamente.

En relación a las ladrilleras artesanales, el aporte proviene del uso del carbón de piedra en el 100% de los establecimientos, cuyo factor de emisión alcanza 9.75 Kg/ton referido a un contenido de azufre del 0.5% para la antracita.

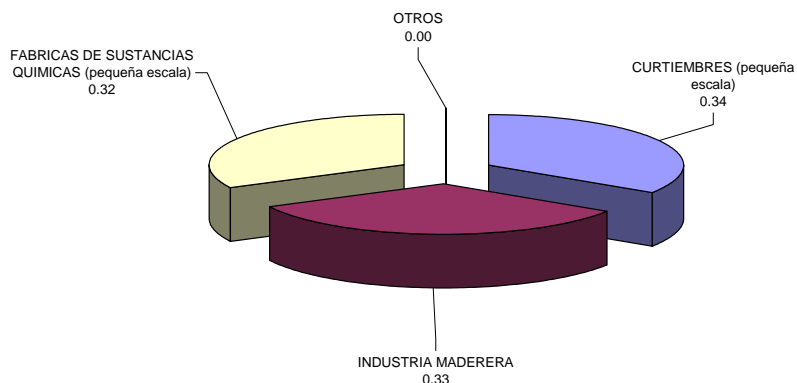
Menores aportes se tienen por parte de la deshidratadora, ahumadero de carne y la industria de bebidas gaseosas, con 28, 27 y 18 Ton/año respectivamente, pero que en su conjunto representan aproximadamente el 21% de la emisión total de la cuenca.

**Distribución Porcentual de SO₂ por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



Los aportes de las demás fuentes son menores, graficándose a continuación aquellos correspondientes a emisiones iguales o inferiores a 1 Ton/año.

Distribución Porcentual de SO2 - Categorías de menor aporte Cuenca Atmosférica de Trujillo

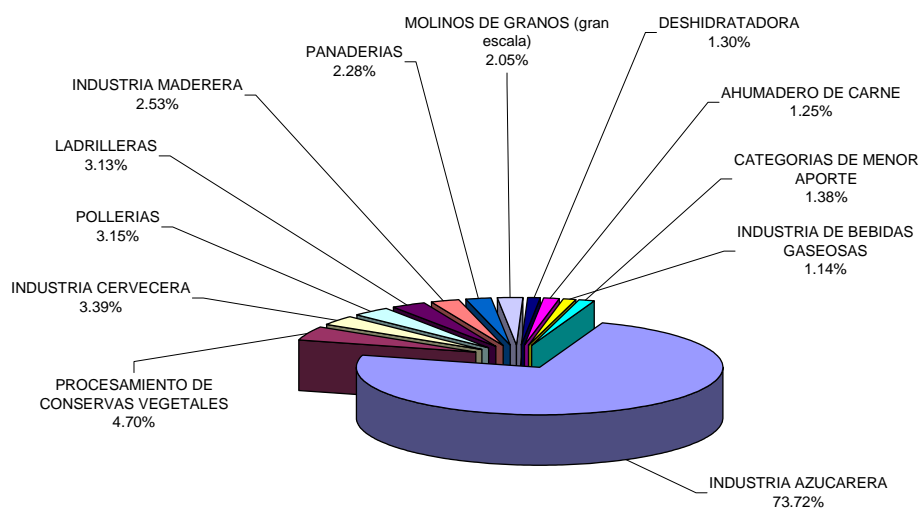


Oxidos de Nitrógeno

El 73.7% de las emisiones de óxidos de nitrógeno es atribuida a la industria azucarera, con 162 Ton/año, debido en su totalidad a la combustión del bagazo de caña de azúcar.

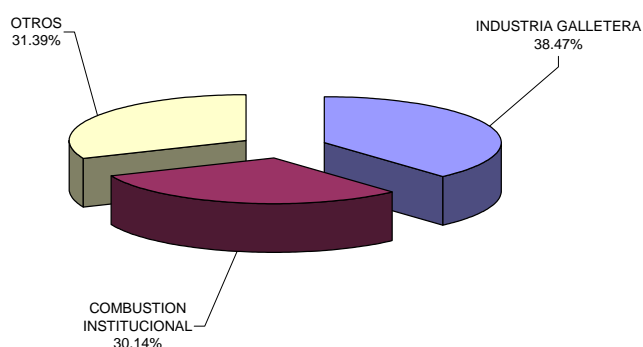
Las demás fuentes, tanto puntuales como de área, distan ampliamente de esta emisión, y sus aportes se muestran en la gráfica siguiente:

Distribución Porcentual de NOx por Tipo de Fuente Cuenca Atmosférica de Trujillo



Puede destacarse dentro del conjunto a las actividades de procesamiento de conservas vegetales que emite 10 Ton/año, representando el 4.7% de la emisión total. Las fuentes con emisiones menores a 1 Ton/año se grafican a continuación:

**Distribución Porcentual de Nox - Categorías de menor aporte
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



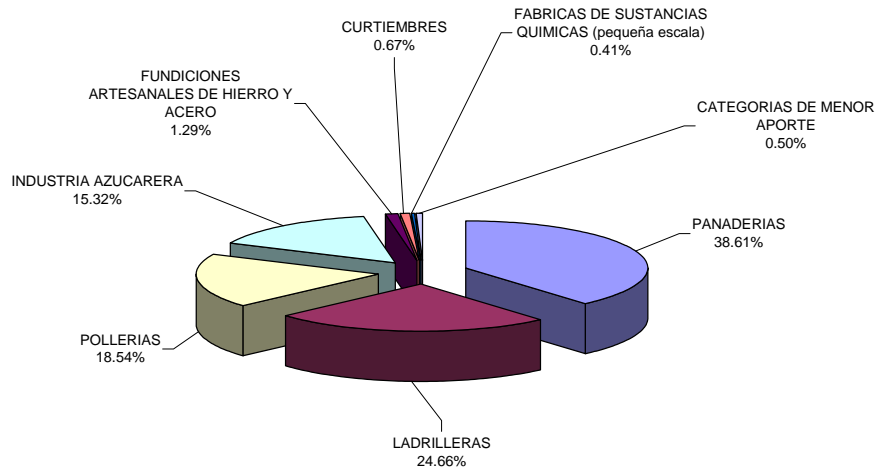
Monóxido de Carbono

A diferencia de los contaminantes descritos anteriormente, la emisión de monóxido de carbono es consecuencia principalmente del aporte de las fuentes de área por actividades de combustión. Así, la fabricación de productos de panadería representa el 38.6% de las emisiones totales, por la combustión mayoritaria de leña cuyo factor alcanza 140 Kg/ton.

En segundo lugar se tiene la fabricación de productos cerámicos para la construcción (ladrilleras) con 211 Ton/año, debido al uso del carbón de piedra como combustible para la operación de los hornos, cuyo aporte de CO es de 45 Kg/ton.

Otra de las fuentes de área que también contribuye con la emisión de CO, son las pollerías, por el uso de carbón vegetal, representando el 18.5% de la emisión total en la cuenca.

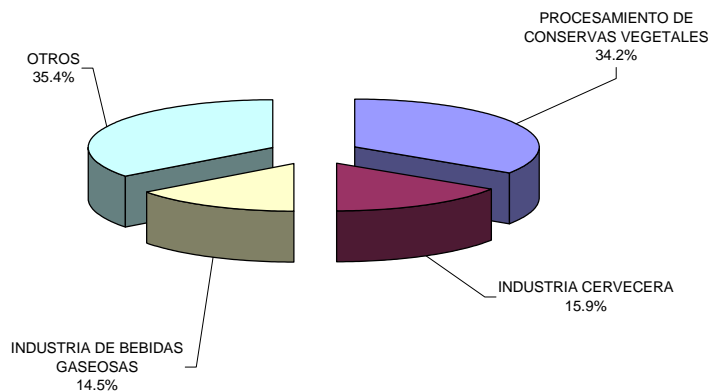
**Distribución Porcentual de CO por Tipo de Fuente
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



Se aprecia en el gráfico que dentro de las fuentes puntuales, la que contribuye con un significativo aporte de 15.3% en las emisiones de CO, es la industria azucarera, en este caso exclusivamente producto de la quema de cultivos de caña.

En el gráfico siguiente puede apreciarse que en su mayoría las fuentes puntuales poseen emisiones de CO iguales o menores a 1 Ton/año.

**Distribución de Porcentual de CO - Categorías de menor aporte
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



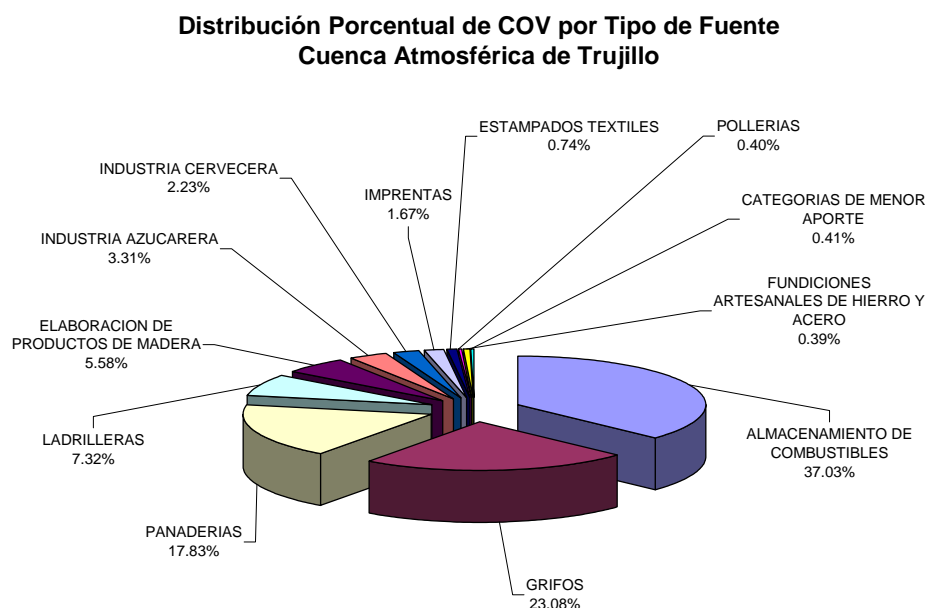
Debe resaltarse que la categoría "otros" está constituida en este caso por todas las fuentes puntuales, a excepción de la industria azucarera y las mostradas en el gráfico, y por aquellas fuentes de área que no poseen emisiones de este gas.

Compuestos Orgánicos Volátiles

Tres constituyen los principales aportantes de compuestos orgánicos volátiles en la cuenca atmosférica de Trujillo, uno de los cuales está clasificado como fuente puntual:

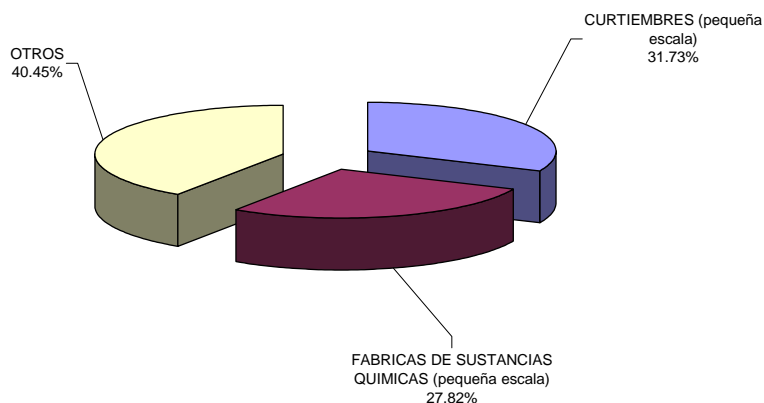
- Almacenamiento de combustibles al por mayor (226 Ton/año), referido al Consorcio Terminales de Petroperú ubicado en Salaverry, donde aún cuando se disponen de tanques de techo flotante, los volúmenes manejados son bastante significativos.
- Venta al por menor de combustibles para automotores (141 Ton/año), correspondiente a 84 grifos dentro de la cuenca.
- Panaderías (109 Ton/año), por la combustión de la leña cuyo aporte es de 46 Kg/ton.

Las demás fuentes poseen emisiones menores, las cuales se muestran en el gráfico siguiente:



Las fuentes puntuales, a excepción de la industria azucarera que contribuye con 20 Ton/año y la industria azucarera con 14 Ton/año, poseen emisiones mínimas de COV, por lo cual están incluidas como categoría "otros" dentro de la gráfica que se muestra a continuación:

Distribución Porcentual de COV - Categorías de menor aporte Cuenca Atmosférica de Trujillo



Plomo

La única categoría de fuente identificada como aportante de plomo en la cuenca atmosférica de la ciudad de Trujillo, es la fabricación de productos cerámicos para la construcción (ladrilleras) en su clasificación como fuente de área; sin embargo, esta emisión es inferior a 1 Ton/año.

Cabe señalar que la emisión de plomo se encuentra asociada a la combustión de aceite lubricante residual, cuyo contenido de plomo considerado para el presente estudio es de 1%.

En el Anexo N° 4 se presenta el detalle de las emisiones unitarias para las fuentes puntuales y categorías menores de fuentes de área.

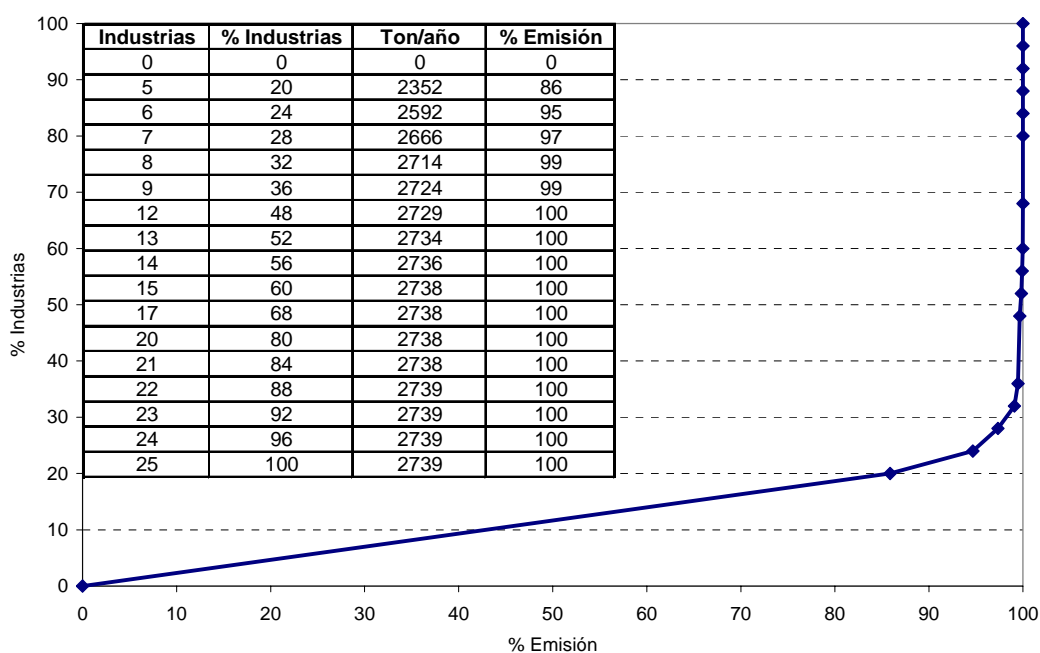
5.5.3 Análisis de las Fuentes Puntuales más contaminantes

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 Trujillo, considerando sólo los de mayor aporte que son las PTS, PM-10, SO₂ y NO_x.

En el caso de los parámetros CO y COV, es evidente en la Tabla N° 3 que existe una fuente puntual importante en cada caso, que es la industria azucarera para el caso del CO y el almacenamiento de combustibles para el caso del COV.

En la Gráfica siguiente se aprecia que en la emisión de PTS para la cuenca atmosférica de Trujillo, el 86% de la emisión es generada por el 20% de las industrias, que para el caso son cinco pertenecientes al mismo rubro de molienda de granos a gran escala, lo cual indica que los esfuerzos para controlar la emisión de éste contaminante deben estar dirigidos hacia éstas empresas, principalmente por haberse indicado que éstas representan además el 76% de la emisión total de partículas en la cuenca.

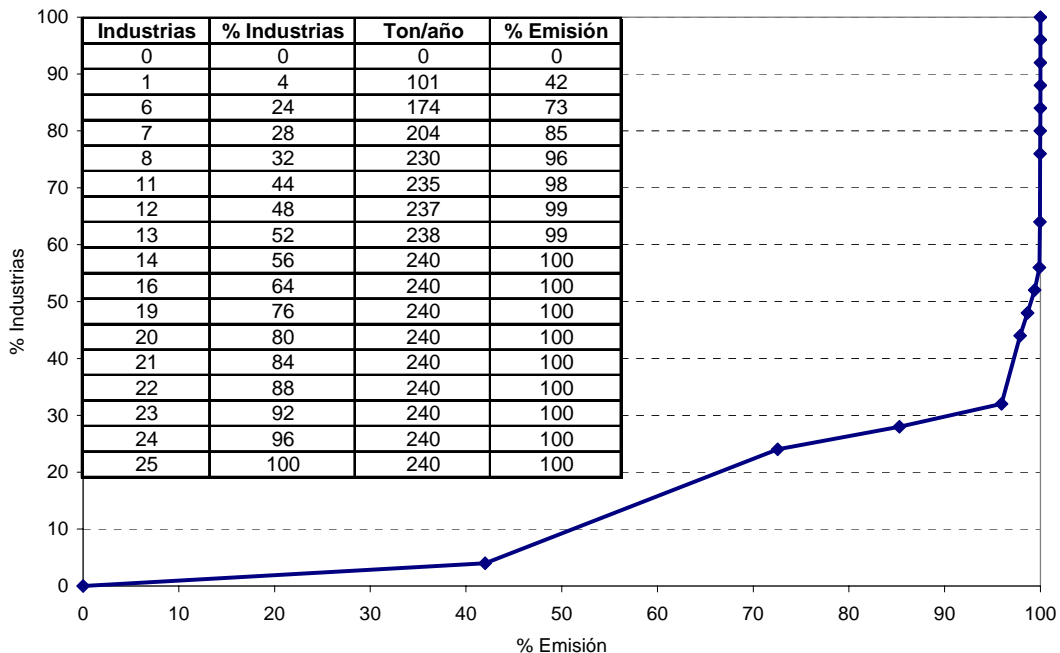
**Nº de Industrias más emisoras de PTS
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



Para el caso del PM-10, sólo se presenta la gráfica de manera referencial, dado que no se conoce el aporte completo de todas las fuentes puntuales. Aquí se aprecia que el 73% de las emisiones están concentradas en el 24% de las industrias que son seis, una correspondiente a la industria azucarera y cinco molinos de granos (también principales emisores de PTS).

Está pendiente la consideración del aporte de proceso de desmotado de algodón.

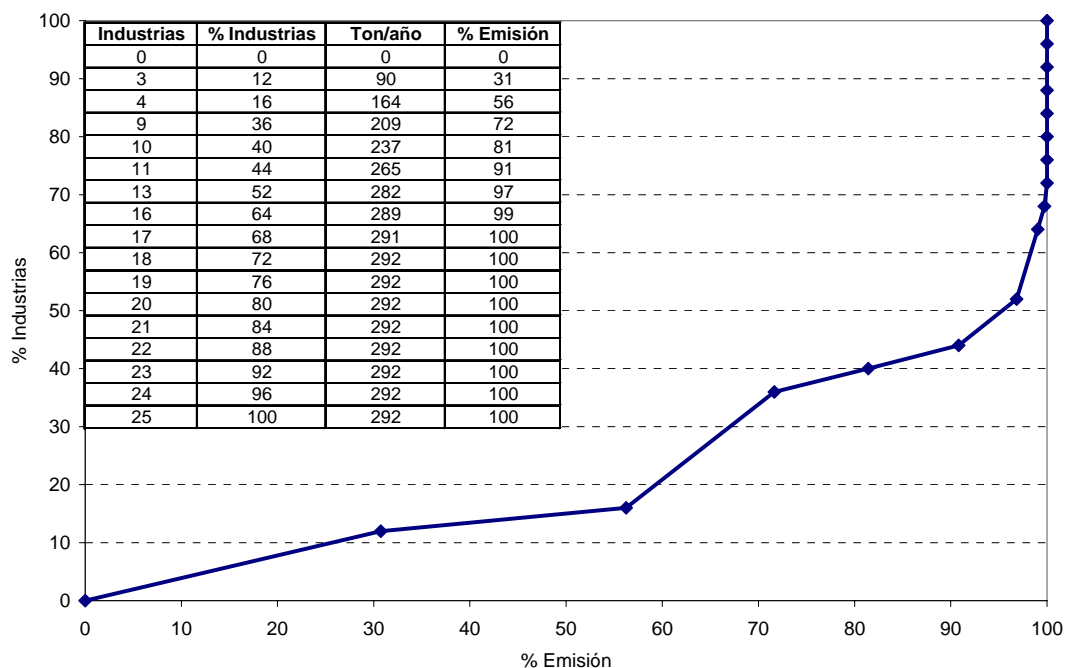
**Nº de Industrias más emisoras de PM-10
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



Debe considerarse de importancia que los molinos de granos están identificados dentro de los principales emisores de contaminantes particulados, tanto totales como menores a 10 micras.

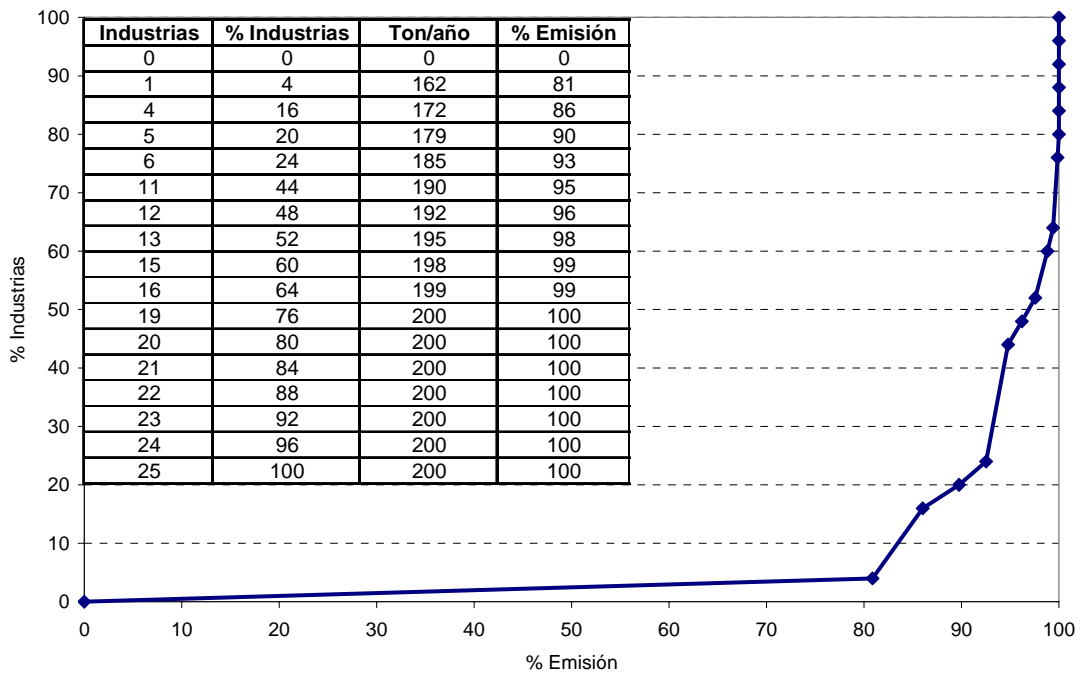
En la emisión de SO₂ se tiene una mayor dispersión de los aportes, dado que el 36% de la industria (09 industrias) contribuyen con el 72% de las emisiones de este contaminante, las cuales involucran exclusivamente actividades de combustión con el empleo de volúmenes importantes de combustibles residuales, realizadas en las empresas de procesamiento de conservas vegetales, industria cervecera y molinos de granos.

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



En relación a los NOx, se puede apreciar que una sola industria perteneciente al rubro de la industria azucarera, contribuye con el 81% de la emisión de este contaminante, debido a sus procesos de combustión (bagazo). En ese sentido, el control de esta industria reduciría en un 81% la emisión a la atmósfera originada por las fuentes fijas puntuales, que contribuyen con el 91% de las emisiones totales de la cuenca atmosférica de Trujillo.

**Nº de Industrias más emisoras de NOx
Cuenca Atmosférica de Trujillo**



6. Conclusiones

La elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas para la cuenca atmosférica de la ciudad de Trujillo permite establecer las conclusiones siguientes:

- 6.1 Existen numerosas fuentes fijas puntuales en la cuenca atmosférica de la ciudad de Trujillo, que generan los mayores aportes de material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno.
- 6.2 El contaminante mayormente emitido en la cuenca atmosférica de Trujillo es el particulado total en suspensión, cuyos principales generadores son los molinos de granos a gran escala por la ausencia de sistema de control de emisiones en el 50% de ellos.
- 6.3 El control de las emisiones procedentes de los molinos de granos como fuentes puntuales, reduciría en un 76% las emisiones totales de partículas existentes en la cuenca atmosférica.
- 6.4 El monóxido de carbono constituye el segundo contaminante mayormente emitido por las fuentes fijas de la cuenca atmosférica de Trujillo, correspondiendo en un 84.2% a las fuentes de área, por las actividades de combustión en las panaderías, ladrilleras artesanales y pollerías, por los usos predominantes de la leña, antracita y carbón vegetal respectivamente como combustibles.
- 6.5 La principal emisión de óxidos de nitrógeno así como de monóxido de carbono dentro de las fuentes puntuales, corresponde a la industria azucarera, siendo en el primer caso debido a la combustión del bagazo de caña y en el segundo a la quema de cultivos.
- 6.6 Se determinó que el almacenamiento de combustibles al por mayor, así como los grifos y panaderías, constituyen las principales fuentes de aporte de compuestos orgánicos volátiles (aproximadamente 78%) en la cuenca atmosférica de Trujillo.
- 6.7 La emisión de plomo en la cuenca es mínima, y proviene de la combustión de aceite lubricante residual en un mínimo de ladrilleras.

- 6.8 El análisis de las fuentes puntuales de la cuenca atmosférica de Trujillo determinó además que es posible reducir en un 72% las emisiones de dióxido de azufre al incidir en un mayor control en las actividades de combustión desarrolladas en las empresas de procesamiento de conservas vegetales, industria cervecera y molinos de granos.
- 6.9 El control de la combustión del bagazo en la industria azucarera permitiría reducir en más del 70% las emisiones de óxidos de nitrógeno generadas en la cuenca.

ANEXO N° 1
METODOLOGÍA EMPLEADA PARA
ELABORACIÓN DEL INVENTARIO LOCAL

PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS LOCALES DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS

De manera general, la elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas consiste de seis etapas que se indican a continuación:

- Determinación del universo de fuentes
- Definición de categorías y tipos de fuentes
- Diseño muestral
- Levantamiento de información de campo
- Estimación de emisiones
- Validación de la información recopilada y cálculos desarrollados

Determinación del universo de fuentes

Para conocer el universo de fuentes fijas de emisión, es necesario recurrir a diferentes instituciones de nivel central y local, tales como Ministerio de la Producción, Ministerio de Energía y Minas, SUNAT, INEI, Municipalidades y otros.

Debe mantenerse en un archivo todas las comunicaciones remitidas por las instituciones y las bases de datos originales, a fin de sustentar la información empleada.

La información oficial entregada por las instituciones consultadas, podrá ser depurada sólo en relación a los aspectos siguientes:

- Distritos que no pertenecen a la cuenca atmosférica o a la cuenca de trabajo.
- Categorías de fuentes (según código CIIU) que no han sido identificadas como contaminantes del aire en cada ciudad.
- Industrias o comercios que hayan sido identificadas como "Baja Definitiva", "Inoperativa" u otros (tal es el caso de la información entregada por SUNAT).

No se deben considerar depuraciones, inclusiones o modificaciones en los casos siguientes:

- No haber ubicado físicamente una fuente.
- Identificar nuevas fuentes no registradas en las bases de datos.
- Disponer de dos o más fuentes de información y fusionarlas.

Es importante sí, mantener un registro de esta información, sin embargo no es posible modificar las bases emitidas por la autoridad competente, salvo el caso en que se realice un empadronamiento total de las fuentes existentes en las zonas de evaluación.

El procedimiento a seguir, luego de haber reducido la base de datos a la cuenca atmosférica de interés, es decidir cuál es la mejor fuente de información (mayor confiabilidad) de las disponibles. A manera de ejemplo, es posible determinar que para las fuentes puntuales podría emplearse la información proporcionada por el Ministerio de la Producción, y para las fuentes de área la entregada por las Municipalidades.

En este sentido, es importante mantener siempre identificada la fuente de información que se está empleando para la determinación del universo, así como el año de actualización de la misma.

Considerando que el año base del inventario es el 2000, para efectos prácticos se considerará la suposición que toda la información de fuentes fijas recopilada actualmente es la misma que la del año en mención.

Para los casos en que la información entregada por las instituciones difiere significativamente de la realidad o en su defecto no existe, es posible que se desarrollen estudios de campo, tales como un empadronamiento o censo, con la finalidad de determinar el universo de determinadas categorías de fuentes de área; sin embargo, es necesario que se elabore un informe del trabajo desarrollado, considerando la metodología empleada, los criterios, cobertura, personal involucrado y otros, el cual debe ser avalado por el Gesta Zonal de Aire, para ser considerado como una fuente de información en la determinación del universo.

Definición de categorías y tipos de fuentes

Esta actividad está referida a establecer la lista típica de fuentes fijas de contaminación existentes en cada ciudad, y que formarán parte del inventario, así como a identificar cuáles de estas fuentes serán consideradas como "puntuales" y cuáles como "área".

Para el efecto, se considerarán las definiciones siguientes:

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

Fuente de Área : 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.

El resultado esperado en esta etapa debe presentar el esquema siguiente:

Categoría de Fuente	Código CIIU	Tipo de Fuente	Cantidad
Categoría 1	XXXX	P	3
Categoría 2	YYYY	P	2
Categoría 3	ZZZZ	A	68
Categoría 4	AAAA	A	109
....
....
....
....
Total Fuentes Puntuales			
Total Fuentes de Area			
Total General			

P : Puntual

A : Area

Es importante indicar que para el caso de Lima-Callao, esta categorización debe realizarse de manera integral (5 Direcciones Ejecutivas de Salud).

Diseño Muestral

Considerando la importancia de las fuentes puntuales, éstas serán incluidas en su totalidad en el inventario, es decir, que se realizará un censo de las mismas. Sin embargo, para el caso de las fuentes de área se desarrollará un muestreo.

El muestreo correspondiente al inventario de emisiones de fuentes fijas de área es el Muestreo Aleatorio Estratificado, donde los estratos corresponden a las categorías de fuentes por código CIIU (Código Internacional Industrial Uniforme), considerando la descripción correspondiente a los 4 dígitos.

Para calcular el tamaño de muestra se considera la aplicación de las fórmulas siguientes:

1) Determinación del tamaño de muestra inicial (n_0) :

$$n_0 = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * Cv^2}{\epsilon^2}$$

2) Aplicación de regla de decisión :

$$\frac{n_0}{N} < 0,05 \Rightarrow n = n_0 \quad \text{ó} \quad \frac{n_0}{N} \geq 0,05 \Rightarrow n = n$$

3) Determinación del tamaño de muestra óptimo (n) :

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

Donde:

- n_0 = Tamaño de muestra inicial
- N = Tamaño de muestra óptimo
- N = Universo (conocido)
- E = Error relativo (definido por el investigador)
- $(1 - \alpha)$ = Nivel de confianza (definido por el investigador)
- Cv = Coeficiente de variación

Para efectos de estandarizar el inventario de fuentes fijas, se considerarán como parámetros uniformes los siguientes:

- E = 0.05 (5%)
- $(1 - \alpha)$ = 95 %
- $Z_{(1 - \alpha)}$ = 1.96
- Cv = 0.5

El resultado de la aplicación de este procedimiento puede presentarse en el esquema que se indica a continuación:

Categoría de Fuente de Area	Código CIIU	Total por Categoría	Ponderación	Muestra Calculada por Categoría
Categoría 3	XXXX	68	= TC/ TFA	= P * TMO
Categoría 4	YYYY	109	= TC/ TFA	= P * TMO
....
....
....
....
Total Fuentes de Area		TFA		

Total Muestra Optima	
-----------------------------	--

- TC : Total por Categoría
- TFA : Total Fuentes de Area
- P : Ponderación
- TMO : Total Muestra Optima

En los casos que sea posible, el muestreo constará de dos etapas, la primera correspondiente a las categorías de fuente, y la segunda referida a la ubicación de las fuentes por distritos que pertenecen a la cuenca atmosférica o de trabajo, según se indica a continuación:

Categoría de Fuente de Area	Código CIU	Muestra Calculada por Categoría	N° de Fuentes por Distrito			Ponderación por Distrito			Muestra Calculada por Distrito		
			Distrito 1	Distrito 2	Distrito ...	Distrito 1	Distrito 2	Distrito ...	Distrito 1	Distrito 2	Distrito ...
Categoría 3	XXXX	= P * TMO	21	12	35	=FPD1/TPC	=FPD2/TPC	=FPD../TPC	=PD*MPC	=PD*MPC	=PD*MPC
Categoría 4	YYYY	= P * TMO	47	53	9	=FPD1/TPC	=FPD2/TPC	=FPD../TPC	=PD*MPC	=PD*MPC	=PD*MPC
....
....
....
....

FPD1 : Fuentes en el distrito 1
 TPC : Total por categoría
 PD : Ponderación por distrito
 MPC : Muestra calculada por categoría

Levantamiento de Información de Campo

El levantamiento de la información de campo es realizado a través de encuestas, disponiéndose de diferentes tipos en función a si se trate de fuentes puntuales o de área, y también en base a la posibilidad de agrupación de categorías de fuentes en una misma encuesta.

Las encuestas inicialmente han sido diseñadas por cada ciudad; sin embargo, a futuro se espera disponer de una estandarización de las mismas.

Sin embargo, de manera general el contenido de las encuestas de fuentes puntuales es mayor, y no sólo referido a la información de proceso, sino también a los monitoreos de emisiones que dispongan como requerimiento de su autoridad competente, dado que nos proporcionan una información más real de la carga de emisión de las fuentes.

Para el caso de fuentes de área, se incide en la recopilación de información especificada en la Guía de Evaluación Rápida de la OMS, considerando todos aquellos datos anexos (tiempo de operación de las fuentes, unidades de reporte y otros) que permitan llegar a la unidad de actividad requerida.

Las encuestas deben ser desarrolladas de acuerdo a la distribución obtenida por distrito, y seleccionadas de manera aleatoria dentro del conjunto de la base de datos del universo. No olvidar que las fuentes puntuales se encuestan en su totalidad.

Es conveniente siempre disponer de un margen superior de encuestas, dado que es posible que tengan que ser depuradas al momento de su revisión por no contener la información completa requerida para la estimación.

Si fuera el caso que una vez determinada la muestra a encuestar, los establecimientos seleccionados no se encuentran operativos o no se ubican o han sido clausurados o han cambiado de rubro, es posible reemplazar estas fuentes por otras que se ubiquen en la lista del universo, hasta completar el número de muestra requerido. Sin embargo, se recomienda mantener un registro de todos estos casos identificados por ciudad.

Si al momento de realizar el trabajo de campo, se encuentran establecimientos que no figuran en la lista del universo, también pueden ser encuestados, dado que es sabido que existe una falta de actualización en la información entregada por las autoridades. Además, se asume que así como existen establecimientos nuevos, otros han dejado de funcionar, siendo este caso particular el de las fuentes de área.

Es conveniente que el trabajo de campo se desarrolle previa instrucción al grupo encuestador, y que se considere una supervisión por parte de los miembros del grupo responsable del inventario en la ciudad.

Estimación de Emisiones

Es uno de los procedimientos más simples, basados en la aplicación del factor establecido en la Guía de Evaluación Rápida de la OMS a las unidades de actividad determinadas para cada categoría de fuente.

El aspecto más importante en este sentido, es identificar el factor de emisión correcto de acuerdo a la actividad señalada en la encuesta. También se puede recurrir al código CIIU de la categoría, para ello es conveniente disponer claramente de la equivalencia entre el código CIIU versión 3 y el código especificado en el Guía (versión 2).

Es posible que en las ciudades existan fuentes de emisión no incluidas en la Guía OMS, para lo cual se puede recurrir a otras fuentes de información tales como la Guía de Factores de Emisión de la EPA / AP-42 que es una de las más completas, el SCC utilizado en México (traducción EPA) y otras.

En relación al procedimiento de estimación de emisiones, debe ser desarrollado de acuerdo a lo siguiente:

- Estimación de emisiones para fuentes puntuales de acuerdo a Guía OMS
- Estimación de emisiones para fuentes puntuales en función a mediciones reales de las fuentes
- Estimación de emisiones para fuentes de área

Fuentes Puntuales de acuerdo a Guía OMS

Para este caso, se estiman las emisiones por contaminante de cada fuente puntual de manera independiente, y luego se realiza una sumatoria de las mismas. Es importante mantener en una hoja de excel independiente la información sobre fuentes puntuales, para otros fines que se requieran.

En el caso que una fuente puntual disponga de varias etapas, se calcula primero cada una de ellas y luego se realiza una suma parcial para obtener la emisión total de la fuente.

En el caso que la fuente disponga de sistemas de control de emisiones, se aplicará la fórmula siguiente:

$$ESC = FE * UA (1-EFSC/100)$$

Donde:

ESC	=	Emisión con aplicación del sistema de control
FE	=	Factor de Emisión
UA	=	Unidad de Actividad
EFSC	=	Eficiencia del sistema de control (%)

Fuentes Puntuales en función a Mediciones Reales

Es necesario disponer de la información de las emisiones de las fuentes expresadas en mg/m³ para cada contaminante, el caudal de descarga de los gases por la chimenea expresado en m³/hora, y el tiempo de operación de la fuente de emisión (chimenea) en el año. El proceso de cálculo es el siguiente:

$$\text{Emisión (ton/año)} = \text{Concentración (mg/m}^3\text{)} \times \text{Caudal (m}^3\text{/hora)} \times \text{Tiempo de operación} \times \text{unidades de conversión}$$

Este resultado por cada chimenea debe ser sumado al resultado de la estimación anterior, para conocer la emisión total de cada fuente puntual.

En el caso que la empresa sólo disponga del monitoreo de algunos de los contaminantes requeridos, los demás podrán ser estimados mediante la Guía OMS. Así también, en el caso de las emisiones fugitivas.

Fuentes de Área

Considerando que para el levantamiento de información de este tipo de fuentes se realizó un muestreo, el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Estimación del promedio de la unidad de actividad por cada categoría de fuente de área. Ejemplo: el promedio de consumo de carbón en las pollerías encuestadas.
- Aplicación del factor de emisión para cada contaminante, a la unidad de actividad promedio calculada, con lo cual se obtendrá la emisión promedio de la muestra (estimador de la población).
- Llevar las emisiones promedio de la muestra al total de fuentes de área de cada categoría (multiplicación del promedio por el universo total de fuentes para la categoría correspondiente).
- Sumatoria parcial de todas las emisiones obtenidas para fuentes de área.

Es importante en la fuentes de área, contar también con las emisiones unitarias por establecimiento, a fin de verificar los cálculos realizados a nivel de promedios.

Al disponer de la información de fuentes puntuales y de área, que constituye el universo, ya se conoce la emisión total de la cuenca atmosférica o de trabajo de cada ciudad.

Se recomienda emplear el formato de reporte establecido en la Guía OMS acápite 3.2.3 (pagina 73).

Con la información disponible en esta etapa, es posible realizar todas las interrelaciones necesarias, como las siguientes:

- Emisión por cada una de las fuentes puntuales.

- Emisión total por fuentes puntuales y de área.
- Emisión por distritos que forman parte de la cuenca, en los casos que haya sido posible realizar esta segregación.
- Emisión por cada categoría de fuente de área.
- Otros.

Validación de la información recopilada y cálculos desarrollados

Un aspecto de suma importancia en el procedimiento de elaboración de inventarios, es la validación de la información, que está enfocada a los aspectos siguientes:

- Revisión del universo de fuentes fijas y sustentos para su determinación.
- Consideración de categorías de fuentes de acuerdo a la realizada local.
- Revisión de la información contenida en las encuestas, dado que es probable incurrir en errores de respuesta por parte del encuestado o errores de interpretación o digitación por parte de los responsables del vaciado de la información. Es muy importante en este aspecto la clara identificación de las unidades y tiempos en los cuales están reportados los datos.
- Chequeo de la secuencia de cálculos realizados.
- Congruencia de los resultados finales obtenidos en función a comparaciones con otras ciudades o entre tipos de fuentes.

Es importante considerar la participación de terceros en el proceso de revisión y validación de los inventarios, dado que pueden incorporar aportes significativos al no haber estado involucrados en el desarrollo de la actividad.

ANEXO N° 2
INFORMACIÓN DE SUSTENTO DEL
UNIVERSO DE FUENTES FIJAS

ANEXO N° 3
MODELOS DE ENCUESTAS

ANEXO N° 4
DETALLE DE EMISIONES UNITARIAS

BIBLIOGRAFIA

Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Trujillo

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.