

Efecto de las emisiones de plomo de la industria siderúrgica en la calidad de aire de Coishco-Chimbote, Perú

Napoleón Yupanqui Gil¹

¹Docente de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, yupy.yupy@gmail.com, Cel. 949689616

RESUMEN

La presente investigación proporciona una metodología de trabajo aplicable a la zona Chimbote –Coishco, Perú, habiéndose determinado la concentración de plomo en el aire de la mencionada zona, emitido por la chimenea del Convertidor LD de la Industria Siderúrgica de Chimbote. Se aplicó un modelo de dispersión atmosférica simple de tipo Gaussiano, para determinar el impacto del contaminante plomo en el aire en los alrededores de su fuente de emisión y en la ciudad de Coishco, durante el mes de marzo del año 2008. Se obtuvo una concentración de $0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plomo en aire (por debajo del Límite de Exposición Permisible de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plomo en aire) y aplicando el modelo Gaussiano se obtuvo una concentración de $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plomo a 4 Km de la fuente emisora. Esto significa que la contaminación de plomo por la Industria Siderúrgica de Chimbote en Coishco es de $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plomo en aire; la diferencia de $0.305 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plomo en la calidad de aire de Coishco se debe a los aportes localizada en Coishco.

Palabras clave: Emisiones de plomo, contaminación atmosférica por plomo, calidad del aire, industria siderúrgica.

ABSTRACT

This investigation gives a methodology to be used in zone Chimbote–Coishco, having determined the lead concentration in the mentioned zone's air, emitted for the Converter LD chimney of Chimbote steel industry. Gaussian model of atmospheric simple dispersion was applied in order to determine the impact of the contaminant lead on the air at its source's surroundings of emission and at Coishco's city, during the month of March of the year 2008. A concentration of $0,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of lead in air was obtained (below the Permissible Exposición's Límites of $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of lead in air) and by applying the Gaussian model it was obtained $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ concentration lead on the air to 4 Km of the source. This means that the lead contamination for Chimbote steel industry in Coishco was $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of lead in air; and $0,305 \mu\text{g}/\text{m}^3$ difference lead in the quality of air of Coishco is due to the contributions located in Coishco.

Keywords: Lead emissions, atmospheric contamination for lead, quality of air, iron-and-steel industry.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un problema de salud ambiental que afecta a los países desarrollados y en desarrollo de todo el mundo. A escala mundial, cada vez se emiten mayores cantidades de gases y partículas potencialmente nocivos, lo que daña la salud humana, el ambiente y los recursos necesarios para lograr un desarrollo sostenible en el planeta (OMS, 2004). El hombre, al vivir en comunidades desarrolladas y en consecuencia contaminadas, cada día inhala aproximadamente 7500 litros de aire, de tal manera que sus pulmones y sistema respiratorio general están en contacto con ella y tienen la potencialidad de retener cualquier sustancia nociva que pueda estar contenida en ese aire (Vallejo, 1997). El desarrollo humano y la revolución industrial a lo largo de la historia, ha producido una degradación del medio ambiente y la biosfera (Arrellano, 2002). Si bien las causas de la contaminación del aire pueden ser naturales ó antropogénicas, son éstas últimas las que inciden más negativamente sobre la calidad del aire.

El episodio de contaminación del año 1948 en Donora, situada en el Valle Monongahela en Pennsylvania en EEUU, fue debida a la situación geográfica de la ciudad, en tierras bajas y húmedas y rodeadas por colinas, y en parte por un frío anticiclón superficial que permaneció estacionario sobre la mitad Este de los EEUU durante un periodo de 5 días. Por todo ello se formó una espesa niebla de contaminantes procedentes en su mayoría de una planta de ácido sulfúrico, una fundición de zinc y una acería situada en las cercanías. Al final del episodio se habían producido 22 muertos y aproximadamente la mitad de los 14000 habitantes de esta zona habían experimentado algún tipo de enfermedad por efecto de la contaminación atmosférica registrada (Ahrens, 1988).

Se considera probada la existencia de una relación causal entre la exposición a corto y largo plazo a niveles de partículas en aire-ambiente y serias complicaciones de la salud humana, estando asociada al material particulado de tamaño aproximado inferior a $10 \mu\text{m}$, las denominadas PM_{10} (Material particulado inhalable de diámetro aerodinámico menor o igual a $10 \mu\text{m}$) (WHO, 2005).

El envenenamiento por metales pesados entre la población infantil a causa de la Fundidora de la Compañía Peñoles, de la ciudad de Torreón, Coahuila, México, fue provocado por el plomo, el cadmio y el arsénico. Siendo el plomo el que causa más problemas y más preocupación en todo el mundo (Valdez y Cabrera, 1999).

La creciente industrialización, incrementan las concentraciones de los metales pesados en el ambiente e ingresan por inhalación e ingestión en los seres vivos, afectando su salud (Wark y Warner, 1992). La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Cada una de estas fuentes contaminantes está en función de la concentración, con una intensidad superior a la normal, de los agentes contaminantes emitidos y de las condiciones meteorológicas locales (Shona et.al., 2006). Las circunstancias climatológicas influyen de modo determinante en la distribución de la contaminación atmosférica como señala la Organización Meteorológica Mundial.

Los Modelos de Dispersión son protocolos matemáticos que se utilizan para estimar la concentración de contaminantes en función de una serie de parámetros meteorológicos, químicos, topográficos y de cantidad y velocidad de emisión, producidos por una fuente puntual, y su objetivo es determinar la concentración a cierta distancia de la fuente. (Turner, 1970; Moussiopoulos et.al., 1996).

Desde el inicio de las actividades de producción de harina de pescado y la industria siderúrgica en la década de 1960, tanto la ciudad de Chimbote como el distrito de Coishco han sufrido el impacto ambiental de las emisiones de estas actividades industriales.

Este estudio determina la concentración de Plomo en el aire, en la zona Chimbote-Coishco, emitido por la chimenea del Convertidor LD de la Industria Siderúrgica de Chimbote. Finalmente se aplica un modelo de dispersión atmosférica simple de tipo Gaussiano, para determinar el impacto del contaminante Plomo en el aire, en los alrededores de su fuente de emisión en la mencionada zona, específicamente en la ciudad de Coishco, para el mes de marzo del año 2008.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 OBJETO DE ESTUDIO

El Ámbito Geográfico del Estudio comprende la zona Chimbote – Coishco (Figs. 1 y 2). La ciudad de Chimbote es sede de la actividad portuaria, de la industria pesquera y siderurgia. La ciudad de Coishco está ubicada en Ancash, rodeado de los cerros que separan Chimbote de Santa, y limita con Chimbote por el Sur y con el distrito de Santa por el norte. En esta zona está localizada la empresa siderúrgica SIDERPERU, que se dedica a la fabricación y comercialización de productos de acero en su Complejo Siderúrgico ubicado en la ciudad de Chimbote, en un área de 500 hectáreas, con una capacidad de producción superior a las 500 mil toneladas de productos terminados de acero al año. El arrabio (Fierro metálico) obtenido en el Alto Horno es procesado en el Convertidor LD (Planta de Acero) donde se inyecta oxígeno con 99.50% de pureza para transformarlo en acero líquido.



Fig. 1 Mapa del área de estudio, indicando la zona Chimbote-Coishco.



Fig. 2 Imagen Satelital de la zona Chimbote - Coishco

2.2 MEDIOS

Para el monitoreo en la zona, se utilizó el Equipo Muestreador de Alto Volumen "Hi-Vol" (High Volume) con cabezal fraccionador de partículas de diámetro inferior a 10 micras del tipo impactación selectiva, y control de flujo volumétrico y los Métodos IO-3.1, IO-2.1 (U.S.EPA, 1999; Pachon et al., 2005). El rango de flujo para esta metodología de medición es entre 1.03 a 1.24 m³/min, para un período de medición de 24 horas. El Plomo se analizó por espectrometría de absorción atómica en los filtros de muestreo (NIOSH, 1984; Patnaik, 2004), con el Método IO-3.2 (U.S.EPA, 1999).

Se utilizó datos de una estación meteorológica cuya ubicación se aprecia en la Fig. 3 y en la Tabla 1 y los datos meteorológicos se procesaron en el software WRPLOT View (Lakes Environmental Software, 1998).

La fuente de emisión del Convertidor LD está ubicada de acuerdo a la Fig. 3 y Tabla 1, Para el monitoreo en la Chimenea del Convertidor, se uso un equipo basado en el principio de Muestreo Isocinético y el Método 5 (U.S.EPA, 2000). El Plomo se analizó por espectrometría de absorción atómica en los filtros de muestreo de partículas.

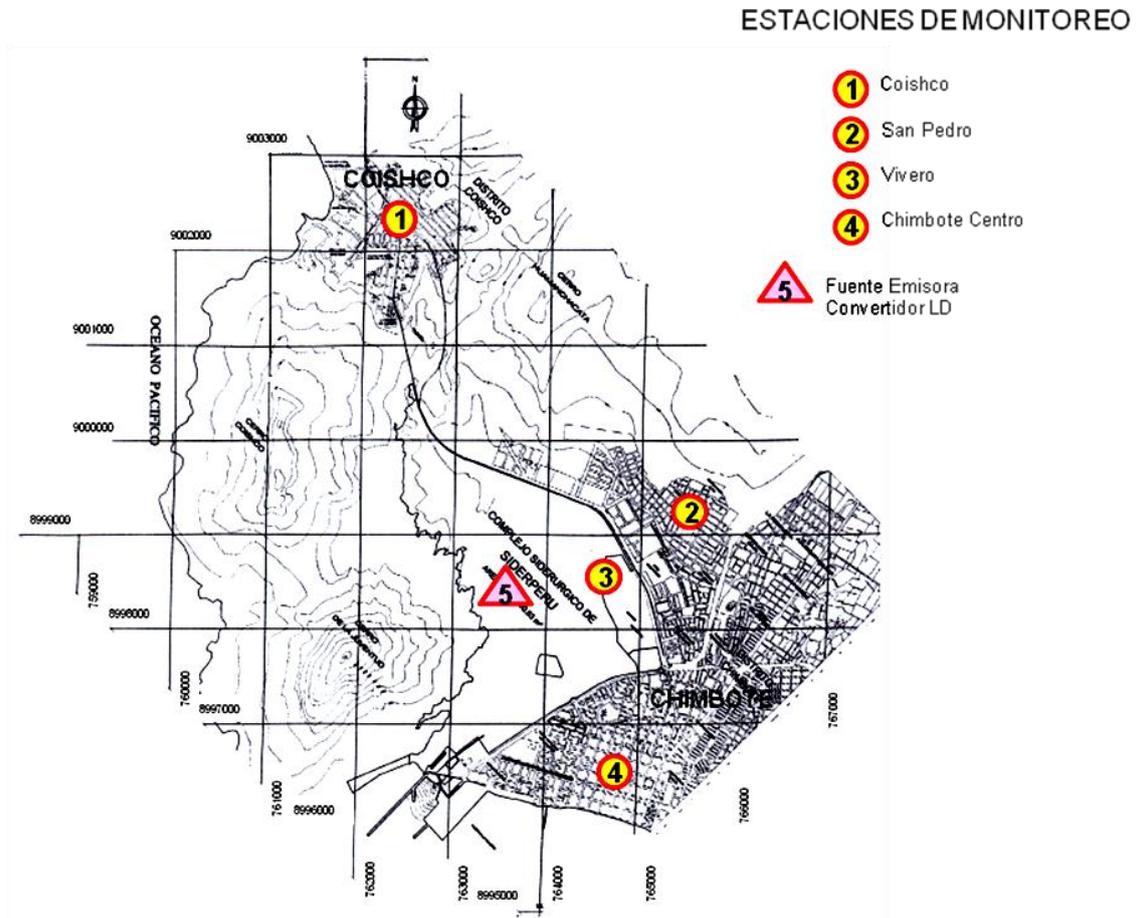


Fig. 3. Ubicación Geográfica de las estaciones de monitoreo y de la fuente emisora en la zona Chimbote – Coishco.

Tabla 1. Ubicación de las Estaciones de Monitoreo y de la Fuente de Emisión en la zona Chimbote – Coishco

Parametros	Estación San Pedro	Estación Coishco	Estación Centro de Chimbote	Estación Vivero	Fuente de Emisión: Convertidor LD
Coordenadas U.T.M. Norte Este	8 999 198 765 504	9 002 374 762 391	8 996 506 764 766	8 998 542 764 645	8 998 200 763 857
Altitud, msnm	96	37	23	20	
Latitud	9.04575403 S	9.01723775 S	9.07012557 S	9.05173365 S	
Longitud	78.58491473 W	78.61340321 W	78.59146161 W	78.5926842 1 W	

2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

El Modelo Gaussiano de Dispersión de la columna de humo que se aplicó en este estudio, se basa en que, la columna de humo (penacho) emitida por la chimenea se eleva hasta cierta altura efectiva H , que es la suma de la altura de la chimenea h , más el ascenso Δh . A partir de la altura H , la columna de humo se mueve horizontalmente en la dirección del viento (dirección x) con velocidad u , y se dispersa en las direcciones perpendiculares a éste, y y z . (y = horizontal, z = vertical). La dispersión en el plano yz se debe principalmente a la turbulencia atmosférica y puede calcularse como una distribución gaussiana (Turner, 1970).

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (1)$$

Donde: $C(x,y,z)$ es la concentración, Q es la cantidad de contaminante emitido por unidad de tiempo ($g\ s^{-1}$), u es la velocidad del viento y σ_y y σ_z son coeficientes de dispersión turbulenta que dependen de la clase de estabilidad (Pasquill, 1976; U.S.EPA, 2000) y de la distancia al foco en la dirección del viento, x . En la ecuación anterior el suelo se trata como una superficie plana que no absorbe contaminante. El significado de las variables se muestra en la Fig. 4.

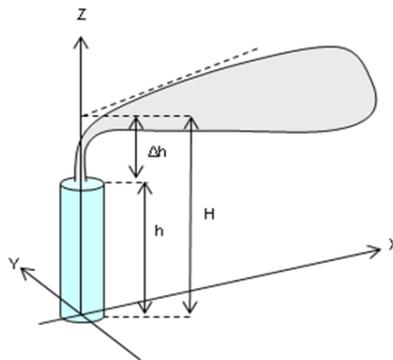


Fig. 4 Sistema de coordenadas mostrando la chimenea del Convertidor LD y su "penacho" en la dirección del eje X.

El programa que se utilizó en este estudio es una versión simplificada del modelo ISC3. Este modelo es de la familia de modelos ISC (Industrial Source Complex) desarrollados por U.S.EPA (United States Environmental Protection Agency). Es un modelo gaussiano clásico que aplica la ecuación (1) con correcciones asociadas a la altura de mezclado y la cinética de descomposición de los contaminantes (Zannetti, 1990).

El programa proporciona datos de concentración de contaminante a ras de suelo ($z = 0$) y en la dirección del viento ($y = 0$). Da el Perfil de Concentración a lo largo del eje en el que sopla el viento, el eje x (Martínez y Merkling, 2009).

El Perfil de Concentración de Plomo (Fig. 6), se obtuvo con los datos de la Tabla 5 y empleando la interface grafica ISCPC de la Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

Con el perfil de concentración de Plomo a lo largo del eje X (concentración en la línea central al nivel del suelo) desde la fuente del "penacho" emitido por la chimenea del Convertidor LD, desde 0 Km. (Chimbote) hasta 4 Km. (Coishco) en la dirección del viento monitoreado por la estación Vivero, se construyó una representación grafica del plano de la zona Chimbote - Coishco incluyendo el penacho de la dispersión de la concentración de plomo en aire (Fig. 7), y mediante el software Google Earth v 4.3.7284.39160 (beta) y aplicando superposición de imágenes se construyó la

imagen satelital que incluye el penacho de la dispersión de la concentración de plomo en aire en la mencionada zona (Fig. 8).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de Calidad de Aire: La Tabla 2, muestra las concentraciones de Pb en el aire en las estaciones de monitoreo de Coishco, San Pedro, Vivero y Chimbote-centro.

Tabla 2 Concentraciones de Pb en el Aire

Estación	Marzo 2008	Estándar ⁽¹⁾ Plomo, ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	
Coishco	0.31	1.5 (Mensual)
San Pedro	0.06	
Vivero	0.09	
Chimbote-Centro	0.05	

(1) D.S. N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire, Perú.

La evaluación de calidad de aire en la zona Chimbote-Coishco para el mes de Marzo del año 2008 (Tabla 2), reflejan que las concentraciones de plomo en el aire en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ son: para la ciudad de Coishco 0.31, para el Asentamiento Humano San Pedro 0.06, para el Vivero Forestal 0.09 y para el centro de la ciudad de Chimbote 0.05, y estas concentraciones son bajas comparadas con el Estándar Nacionales de Calidad Ambiental de Aire para el Perú, que es de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (D.S. N° 074-2001-PCM), asimismo estos valores estan por debajo de los Criterios de Calidad del Aire Ambiental (en su sigla en ingles AAQC - Ambient Air Quality Criteria-) del Ministerio del Ambiente de Ontario, Canadá (en su sigla en ingles MOE - Ontario Ministry of the Environment-), para promedios de 24 horas que es de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (MOE, 2008). Sin embargo se observa el incremento de Plomo en la estación Coishco, hasta una concentración de $0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, debido a la probable existencia de fuentes específicas de aporte de este elemento. La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2009) del Ministerio de Salud ha obtenido, para Noviembre del año 2009 concentraciones de plomo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 0.12 para Coishco, 0.04 para San Pedro.

Resultados de Meteorología: La Tabla 3, muestra el Régimen de vientos para las estaciones de monitoreo de Coishco, San Pedro, Vivero y Chimbote-Centro. La Fig. 5 muestra la Rosa de los Vientos para las estaciones de monitoreo de Coishco, San Pedro, Vivero y Chimbote-Centro para el mes de Marzo del año 2008.

En la estación Coishco se manifestó una dirección predominante SE con una predominancia de viento de 29%, caracterizada principalmente por la presencia de calmas, es decir en más del 33.33% prevalecieron los vientos de baja magnitud, y la velocidad del viento se encuentra en el rango de 3.6 a 5.7 m/s, clasificándose según la escala de Beaufort de la Fuerza de los Vientos (Fisura, 2009) en brisa moderada. En la estación San Pedro se caracterizó por un viento eminentemente S (25%), con un rango de velocidad del viento de 2.1 a 3.6 m/s, clasificándose según la escala de Beaufort en brisa débil. En la estación Vivero la dirección predominante del viento fue SSW (25%), y su velocidad se encuentra en el rango de 3.6 a 5.7 m/s, clasificándose según la escala de Beaufort en brisa moderada, también se manifestó un viento de menor predominancia de 17 % (S) en dirección a la ciudad de Coishco (Fig. 7), con calma de 54.17%. En la estación Chimbote-Centro la dirección predominante del viento fue S (29%), y la velocidad esta en el rango de 2.1 a 3.6 m/s, clasificándose según la escala de Beaufort en brisa débil, con calma de 37.50%. DIGESA del Ministerio de Salud del Perú, para Noviembre del 2009 reporta para Chimbote vientos con dirección predominante SSW (34 %) y como dirección secundaria SSE (31 %). La compañía Walsh Perú S.A., en el año 2009

reporta para Chimbote que la componente predominante de los vientos durante todo el año es Sur (S) (Walsh, 2009).

La Rosa de los Vientos para las estaciones meteorológicas de Coishco, San Pedro, Vivero y Chimbote-centro y ubicadas en la imagen satelital en la zona Chimbote-Coishco (Fig.2 y Fig. 5), muestran que los vientos predominantemente se dirige de S a N , desde Chimbote hacia Coishco como consecuencia de la existencia del cerro de la Juventud y el cerro Coishco que está ubicado entre el Océano Pacífico al Oeste (W) y el complejo Siderúrgico, el Vivero Forestal y el Asentamiento Humano San Pedro al Este (E). También muestra vientos que se dirigen de SE a NW en la mencionada zona, por la existencia del cerro Hamanchacata ubicada al N de Coishco.

Resultados del Modelo Gaussiano de Dispersión ISC3: Con los datos de la Tabla 4 y 5 y la Interface Gráfica ISCPC se obtuvo el Perfil de Concentración de Pb en Aire para la zona Chimbote-Coishco (Fig. 6).

Las Figuras 7 y 8 son la representación gráfica en el Plano y en la Imagen Satelital respectivamente, de la zona Chimbote – Coishco, incluyendo el penacho de la dispersión de la concentración de plomo en aire.

El Perfil de Concentración de Pb (Fig. 6) se realiza a lo largo del eje X (concentración en la línea central al nivel del suelo)(Fig. 4) desde la fuente del "penacho" emitido por la chimenea del Convertidor LD, desde 0 Km (Chimbote) hasta 4 Km (Coishco), en la dirección del viento de la estación meteorológica Vivero (considerado por estar más cerca al Convertidor LD) para el mes de Marzo del año 2008.

La Figura 7 es la representación gráfica del plano de la zona Chimbote – Coishco incluyendo el penacho con la dispersión de las concentraciones de Plomo (construido de acuerdo al Perfil de Concentración de Plomo), y siguiendo la dirección del viento predominante indicado por la Rosa de los Vientos de la Estación Vivero. La Figura 8 es la representación gráfica de la Imagen satelital de la zona Chimbote – Coishco, incluyendo la superposición de imagen del penacho en formato *Tiff* con la dispersión de las concentraciones de Plomo, y en la dirección del viento secundario de la estación Vivero.

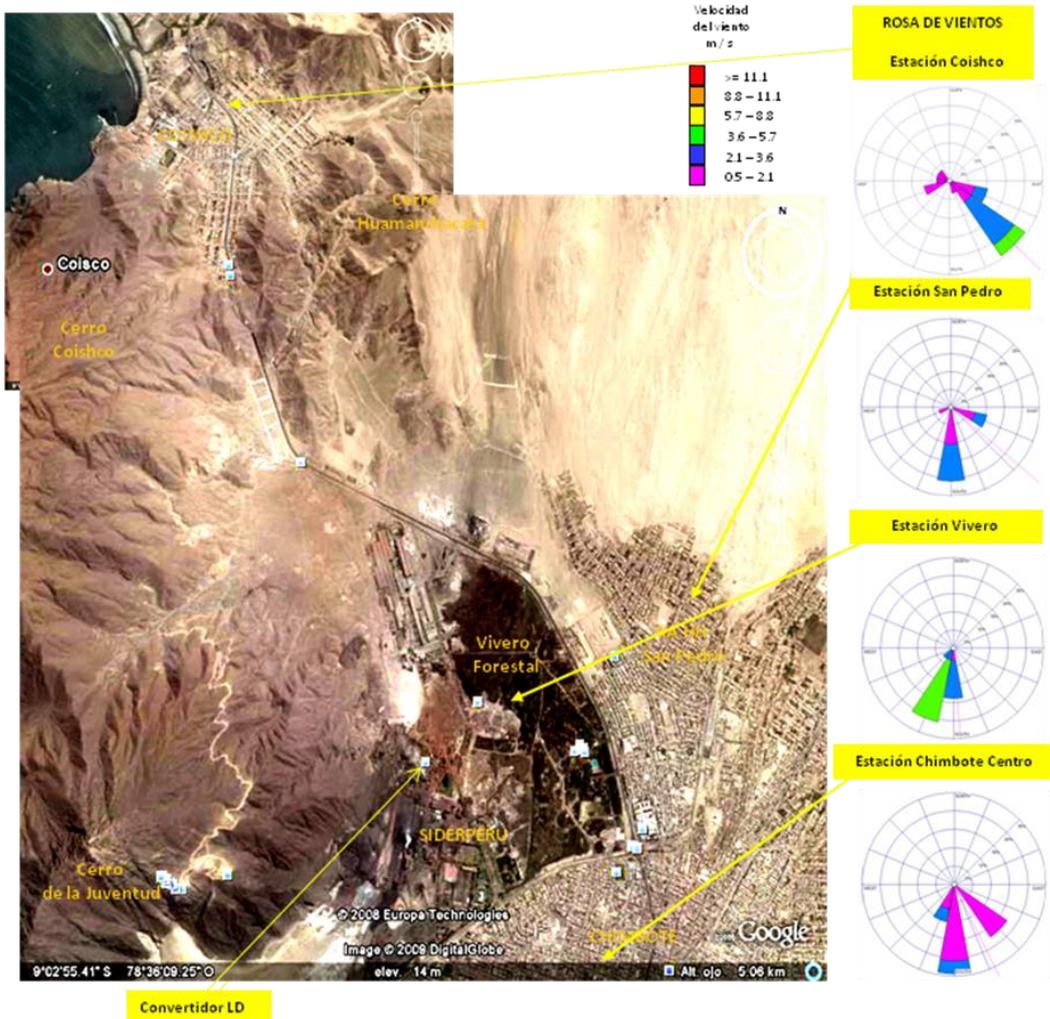


Fig. 5. Rosa de los Vientos en las estaciones de monitoreo y su ubicación en la zona Chimbote-Coishco.

Tabla 3. Régimen de Viento

Estación	Dirección Predominante	% Predominancia	Rango de Velocidad Predominante ⁽¹⁾ m/s	% Calma
Marzo 2008				
Coishco	SE	29	3.6 - 5.7	33.33
San Pedro	S	25	2.1 - 3.6	58.33
Vivero	SSW	25	3.6 - 5.7	54.17
Chimbote-Centro	S	29	2.1 - 3.6	37.50

(1) Calculada con el software WRPLOT View

Tabla 4. Parámetros y Concentración de Pb en la Chimenea del Convertidor LD

Sustancia	Concentración mg/m ³ N ⁽¹⁾	Parámetros					
		Índice de Emisión g/s	Flujo Volumétrico m ³ N/h	Velocidad de Salida de Gases m/s	Temperatura de Salida de Gases (°C) °K	Temperatura Ambiental (°C) °K	Presión Atmosférica mBar
Marzo 2008							
Plomo	1.49	0.0376	90756	19.83	(68) 341.15	(26) 299.15	1010

(1) A presión y temperatura estándar: 760 mmHg y 25 °C

Tabla 5. Datos de entrada para el Modelo Gaussiano Simplificado ISC3

PARAMETRO	Plomo
	Marzo 2008
PARAMETRO DE CHIMENEA ⁽¹⁾	
Velocidad de salida de gases, m/s	19.83
Diámetro Interno de la chimenea, m	1.70
Altura física de la chimenea, m	40
Temperatura de salida de los gases, °K	68 °C 341.15 °K
Índice de emisión, g/s	0.0376
CONDICIONES ATMOSFERICAS	
Temperatura ambiente, °K	26 °C 299.15 °K
Presión, milibar	1010
Clase de estabilidad atmosférica	B
Velocidad del viento ⁽²⁾ , m/s	5.7
Altura a la que se mide la velocidad del viento, m	10
Altura de mezclado, m	1000
OTROS	
Tiempo de promediado, minutos	60
Coeficiente de desintegración, 1/segundo	0
Método de cálculo de los coeficientes de dispersión(1, 2 o 3 para suelo urbano o suelo rural)	3
Formulas alternativas para el cálculo del ascenso vertical	Brigge
Distancia Máxima al modelo (Distancia entre Chimbote-Coishco), Km	4
Puntos en la grafica	10

(1) Fuente Emisora: CONVERTIDOR LD

(2) Velocidad Máxima Predominante del Viento para la estación Vivero, calculada con el software WRPLOT View

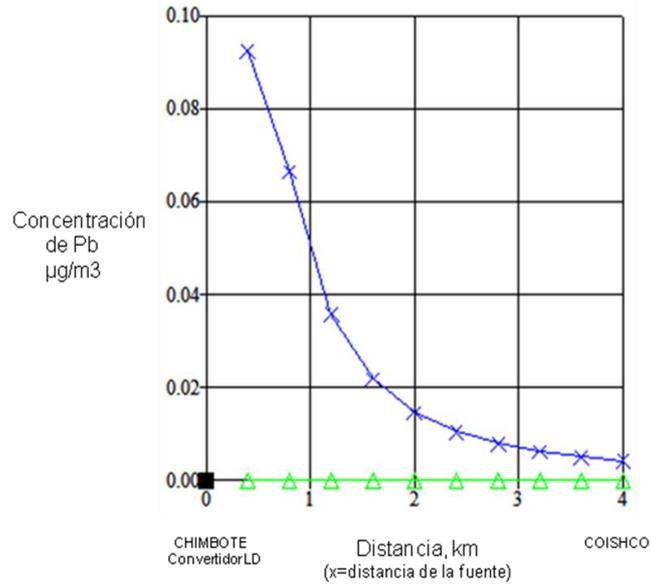


Fig. 6. Perfil de Concentración de Pb en Aire emitido por la chimenea del Convertidor LD a lo largo del eje X para la Zona Chimbote-Coishco.

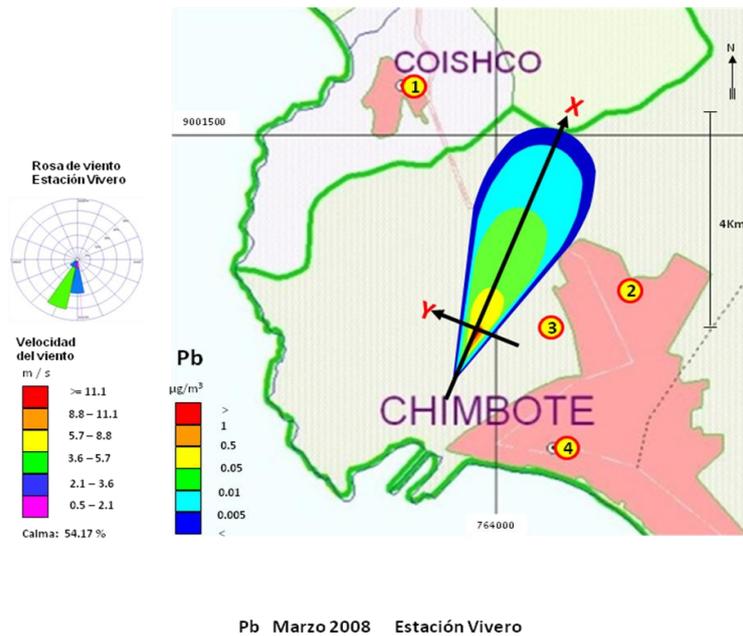


Fig. 7. Plano de la zona Chimbote – Coishco incluyendo el penacho de la dispersión de la concentración de plomo en aire.

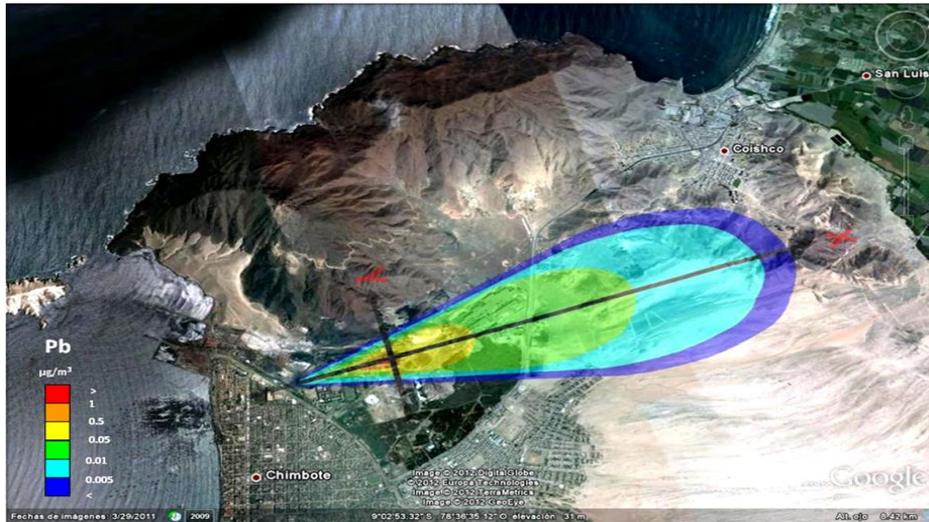


Fig. 8. Imagen satelital de la zona Chimbote – Coishco incluyendo el penacho de la dispersión de la concentración de plomo en aire.

La utilización de un modelo de dispersión hace posible estimar el impacto a la calidad del aire de una fuente emisora de Plomo, y por tanto predecir si se van a sobrepasar los límites permisibles de calidad del aire.

Aplicando el modelo de dispersión ISC3 para los datos de la fuente emisora (Convertidor LD), y los datos de la estación meteorológica Vivero, se obtuvo una concentración de Pb en aire de $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la ciudad de Coishco a 4 Km de la fuente emisora (Figs. 6, 7 y 8), y comparándolo con el muestreo realizado en la Estación de Monitoreo de Coishco en donde se obtuvo una concentración de Pb en aire de $0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabla 2), significa que la contaminación de Pb por la Industria Siderúrgica de Chimbote en Coishco es de $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y la diferencia de $0.305 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Pb en la calidad de aire de Coishco se debe a los aportes de Pb localizada en Coishco.

IV. CONCLUSIONES

El Aire de la zona Chimbote-Coishco en el mes de Marzo del año 2008, contuvo concentraciones en $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ de plomo de 0.31, 0.06, 0.09 y 0.05, obtenido en las estaciones de Coishco, San Pedro, Vivero y Chimbote-Centro respectivamente que son menores a su respectivo Estándar de Calidad Ambiental de aire de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El régimen de viento es un factor determinante en la dispersión de contaminantes, teniéndose en esta zona Chimbote - Coishco como dirección predominante del cuadrante Sur (S), con vientos de baja velocidad en las cuatro estaciones de monitoreo, y oscila de brisa débil a brisa moderada según la escala de Beaufort, lo cual no contribuye significativamente en la dispersión del plomo contaminante presentes en el aire.

Comparando la concentración de Pb en aire de $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenido con el Modelo de Dispersión para la ciudad de Coishco, con la concentración de Pb en aire de $0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ obtenida en la Estación de Monitoreo de Coishco, para el mes de Marzo del año 2008, significa que la contaminación de Pb por la Industria Siderúrgica de Chimbote en Coishco es de $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y la diferencia de $0.305 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Pb en la calidad de aire de Coishco se debe a los aportes de plomo localizada en Coishco.

AGRADECIMIENTOS

Al MSc. Ing. José Willstätter V. Superintendente de Medio Ambiente y Tecnología de Gestión de SIDERPERU, por el apoyo a la presente investigación.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, C.D. (1988). **Meteorology Today: an introduction to weather, climate climate and the Environment**. West Publishing Company, 6th Edition. ISBN 0-534-37201-5. 528p.
- ARELLANO, J. 2002. **Introducción a la Ingeniería Ambiental**, Instituto Politécnico Nacional, México.p75.
- Decreto Supremo N° 074-2001-PCM (22/Jun/01) "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, Presidencia del Consejo de Ministros, Perú. (Disponible en: http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&View=article&id=102:estándares-ambientales&catid=22:biodiversidad. Consultado el: 10 de Mayo de 2009).
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental), (2009). **Monitoreo de Calidad del Aire en la Ciudad de Chimbote**, Noviembre del 2009,Ministerio de Salud, Perú.
- FISURA, R. 2009.**Meteorología y Oceanografía, Patrones y capitanes de Yate**, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.p127.
- Google Earth,**Software Google Earth v 4.3.7284.39160 (beta)**, Consultado el: 20 de Setiembre del 2010; y el: 04 de Enero del 2011.
- LAKES ENVIRONMENTAL SOFTWARE.1998. **Software WRPLOT View, Wind Rose for Meteorological Data**, versión 6.5.1 de Lakes Environmental, (Disponible en: <http://www.weblakes.com>, Consultado el: 12 de Setiembre del 2010).
- MARTINEZ, B.; y P, MERKLING. (2009). **Dispersión de contaminantes atmosféricos : Modelo Gaussiano de la columna de humo**, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.(Disponible en: http://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/prog_CA.html. Consultado el: 20 de Junio del 2009).
- MOE (Ontario Ministry of the Environment), 2008. **Ontario's Ambient Air Quality Criteria, February 2008**, Ontario, Canadá. (Disponible en: http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/tr/@e/@resources/documents/resource/std01_079182.pdf. Consultado e: 17 de Febrero del 2010).
- MOUSSIOPOULOS, N.; E, BERGE.; T, BOHLER.; F, DE LEEUW.; K.E., GRONSKEL.; S, MYLONA and M, TOMBROU.(1996). **Ambient Air Quality, Pollutant Dispersion and Transport Models**, European Topic Centre on Air Quality, European Environment Agency, Denmark.p9,19.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (1984). **Manual of Analytical Methods**, 3rd. ed. V.1. Method 7082 DHHS Publications 84100. (Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/MetodosAnálisis/Ficheros/MA/MA_011_A87.pdf. Consultado el: 14 de Julio del 2009).
- OMS (Organización Mundial de la Salud), (2004). **Guías Para la Calidad del Aire**, Ginebra, Suiza, Traducción realizada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente(CEPIS/OPS), agencia especializada de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), Lima,Perú, p1.
- PACHON, E.; M, BUSTOS.; H, GARCÍA.; H, BRAVO y R, SOSA. (2005). **Determinación de Metales Pesados en Partículas PM₁₀ en la Atmosfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Bogotá (Colombia)**, Red de Vigilancia de la Calidad de Aire en Antioquia(RED Aire), Colombia, Medellin, Colombia,p49,50
- PASQUILL, F.1976.**Atmospheric Dispersion Parameters in Gaussian Plume Modeling**. Part II, Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Value. EPA-600/4-76-030b, U.S. Environmental Protection Agency,research Triangle Park,NC.,p44.
- PATNAIK, P. (2004). **Dean's Analytical Chemistry Handbook**, second edition, McGraw-Hill, table 22.2,p22.13.
- RM-N° 315-96-EM/VMM, Ministerio de Energía y Minas, Perú. (19. jul. 1996). (Disponible en : <http://Intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaam/publicaciones/compendio99/rm315-96.pdf>. Consultado el: 10 de Mayo del 2009).
- SHONA, M.; F, SEBY.; M, NASH. (2006). **Chromium Speciation in Cement Extracts and Airborne Particulates using HPLC Coupled with the XSeriesII ICP-MS**, Application Note: 40807, Thermo Electron Corporation,USA.p1.

- TURNER, B.(1970). **Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates**. U.S. Department of Health, Education, and Welfare , Public Health Service , Environmental Health Service , National Air Pollution, Control Administration,Cincinnati, Ohio,USA,p iii,vii.5,6.
- U.S.EPA.(1999). **Method IO-3.1, Selection, Preparation and Extraction of Filter Material**. Compendium of Methods for the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air EPA/625/R-96/010a. Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268 June 1999. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/inorganic/mthd-3-1.pdf>. Consultado el: 24-06-2009).
- U.S.EPA.(1999). **Method IO-2.1,Sampling of Ambient Air for Total Suspended Particulate Matter (SPM) and PM 10 Using High Volume (HV) Sampler** . (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/inorganic/mthd-2-1.pdf>. Consultado el: 24 de Junio del 2009).
- U.S.EPA.(1999).**Compendium Method IO-3.2 ,Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Atomic Absorption (AA) Spectroscopy**, Cincinnati, OH 45268. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/inorganic/mthd-3-2.pdf>. Consultado el: 24 de Junio del 2009).
- U.S.EPA. (2000). **Meteorological Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications**, EPA-454/R-99-005, U.S. Environmental Protection Agency,Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards,February, 2000, Table 6-3,p12. (Disponible en: <http://www.epa.gov/scram001/guidance/met/mmgrma.pdf>. Consultado el: 24 de Junio del 2009).
- U.S.EPA.(2000). **Method 5 – Determination of Particulate Matter Emissions From Stationary Sources**. (Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html> ; y en: <http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate/m-05.pdf>. Consultado el: 24 de Junio del 2009).
- VALDÉS, F. y V, CABRERA. (1999). **La Contaminación por Metales Pesados en Torreon, Coahuila, México**, Texas, Centro de Estudios Políticos de Texas, Austin, Texas,p1.
- VALLEJO, Maria del Carmen.(1997). **Toxicología Ambiental**. 1ra. ed. Fondo Nacional Universitario. Colombia.p102.
- WALSH PERU S.A., (2009). **Resumen Ejecutivo, Estudio de Impacto Ambiental y Social, Prospección Sísmica 2D y 3D – Lote Z – 48, Surco, Lima, Perú**. (Disponible en:<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20hidrocarburos/EIA/lote-z-48/0.0%20Resumen%20Ejecutivo%20Z-48.pdf>; y en: <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/estudios/EIAS%20-%20hidrocarburos/EIA/lote-z48/4.1.1%20Clima%20y%20Meteorolog%C3%ADa.pdf>, Consultado el: 23 de Enero del 2011).
- WARK, K. y C, WARNER. (1992). **Contaminación del Aire Origen y Control**.Limusa. Grupo Noriega Editores.p5.
- WHO (World Health Organization), (2005). **Air Quality Guidelines Global Update 2005**, WHO Regional Office for Europe, Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark, p231,233,246,247,258.
- ZANNETTI, P. (1990). **Air Pollution Modeling. Theories, Computational Methods and Available Software**, Comp. Mechanics Publications, Southamphton, Boston.p14.