



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“MODELAMIENTO DE LA DISPERSIÓN DEL PLOMO EN
LA ATMOSFERA DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, EN
LOS AÑOS, 2015 - 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autoras:

Bach. Delia Mariela Juárez Bringas
Bach. Ruth Roxana Osorio Villanueva

Asesora:

M. Cs. Ing. Sara Esther García Alva

Cajamarca – Perú

2018

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA I.....	iii
DEDICATORIA II	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación	14
1.4. Limitaciones.....	15
1.5. Objetivos.....	15
1.5.1. Objetivo general.	15
1.5.2. Objetivos específicos.	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.2. Bases teóricas	20
2.2.1. Atmósfera	20
2.2.2. Modelamiento Atmosférico.....	28
2.2.3. Estándares de calidad ambiental.	32
2.2.4. El plomo en la atmósfera.....	33
2.2.5. Marco Legal.....	37
2.3. Hipótesis	38

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	38
3.1. Operacionalización de variables.	38
3.2. Diseño de investigación.....	38
3.3. Unidad de estudio.....	38
3.4. Población.....	39
3.5. Muestra.....	39
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	39
3.6.1. Técnicas.....	39
3.6.2. Instrumentos.....	40
3.6.3. Procedimientos de Recolección de Datos.	40
3.7. Métodos y procedimientos de análisis de datos.	41
3.7.1. Método:	41
3.7.2. Procedimiento:	41
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	42
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	73
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS	76
ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del muestreo anual promedio de Plomo (Pb) por estaciones del año 2015, 2016 y 2017	55
Tabla 2. Resultados del muestreo de Plomo promedio anual	57
Tabla 3. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) 2015	58
Tabla 4. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) 2016	63
Tabla 5. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) 2017	68

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados del análisis de la concentración anual de Plomo (Pb) por estaciones del año 2015, 2016 y 2017.....	56
Gráfico 2. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Verano – 2015.....	59
Gráfico 3. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Otoño – 2015.....	60
Gráfico 4. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Invierno – 2015.....	61
Gráfico 5. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Primavera – 2015.....	62
Gráfico 6. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Verano – 2016.....	64
Gráfico 7. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Otoño – 2016.....	65
Gráfico 8. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Invierno – 2016.....	66
Gráfico 9. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Primavera – 2016.....	67
Gráfico 10. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Verano – 2017.....	69
Gráfico 11. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Otoño – 2017.....	70
Gráfico 12. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Invierno – 2017.....	71
Gráfico 13. Resultados del muestreo de Plomo (Pb) en Primavera - 2017.....	72

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ArcMap	:	Aplicación central que utiliza el ArcGIS para administrar los datos geográficos.
BDF2	:	Backward Differentiation Formula - Fórmula de Diferenciación hacia atrás.
CMPC	:	Concejo Municipal Provincial de Cajamarca.
DIGESA	:	Dirección General de Salud.
ECA	:	Estándares de Calidad Ambiental.
EIA	:	Estudio de Impacto Ambiental.
EPA	:	Environmental Protection Agency.
Hi-Vol	:	Muestreador de Partículas de alto volumen.
IDEAM	:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Colombia)
MATLAB	:	Matrix Laboratory, Software matemático.
MINAM	:	Ministerio del Ambiente.
MM5	:	Modelo Numérico de Mesoescala.
MOCA	:	Modelos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos.
MPC	:	Municipalidad Provincial de Cajamarca.
OMS	:	Organización Mundial de la Salud.
OPS	:	Organización Panamericana de la Salud.
PCM	:	Presidencia de Consejo de Ministros.
PM	:	Material Particulado.
PTS	:	Partículas en Suspensión Totales.
SEIA	:	Sistema Evaluación de Impacto Ambiental.
SENAMHI	:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
SRCEEN3 MODEL	:	Modelo para estimar concentraciones de contaminantes.
UPO	:	Universidad Pablo de Olavide, de Sevilla- España.

RESUMEN

La contaminación atmosférica se convierte cada día en un problema más serio, ya que afecta a la salud de las personas y también deteriora al ambiente, el plomo como contaminante atmosférico es transportado por las corrientes de viento predominante y dispersado en la atmósfera por los movimientos del aire y la turbulencia. La concentración de plomo atmosférico en la Ciudad de Cajamarca es un tema de gran interés ya que se considera al parque automotor como principal punto de emisión, en los últimos años ha ido aumentando considerablemente siendo producto de preocupación en la población. En esta tesis hacemos uso de un modelo Urbano/ Regional, utilizando la integración de modelos y bases de datos, se ha trabajado con los datos de monitoreo de concentración de plomo de los años 2015, 2016 y 2017, brindados por la Sub Gerencia de Protección y Control Ambiental de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, y los datos históricos meteorológicos brindados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), con los cuales nos ha permitido elaborar un modelo de dispersión de la concentración de plomo atmosférico y la dirección a la que se mueve al nivel del suelo. Se analizó si existe una relación entre el plomo y el comportamiento del viento en los años antes mencionados, en este análisis se aplicó métodos estadísticos para encontrar el promedio diario/anual, las direcciones del viento y su velocidad; lo que se identificó si existía algún tipo de dirección predominante. Por lo tanto, el viento influye directamente en la dispersión y concentración de Plomo en la atmósfera de la ciudad de Cajamarca; la relación que tienen la velocidad del viento y la concentración de Plomo es inversamente proporcional puesto que a menor velocidad del viento es mayor la concentración, mientras que la relación con la dispersión es directamente proporcional puesto que a mayor velocidad existe una mayor dispersión. Se analizó que el promedio anual de los Estándares de Calidad Ambiental es de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y los parámetros estudiados no sobrepasan los promedios anuales y están por debajo de los ECA. Por ello, se identificó que existen factores que influyen directamente en la concentración de plomo en la atmosfera como huelgas (quema de llantas, bombas lacrimógenas), incendios forestales, construcciones a gran escala, campañas políticas (quema de fuegos artificiales) y pequeñas fábricas de ladrillo.

Palabras clave: modelamiento de dispersión de plomo, atmosfera, vientos y dirección predominantes.

ABSTRACT

Air pollution becomes a more serious problem every day, as it affects the health of people and also deteriorates the environment, lead how atmospheric pollutant is transported by prevailing wind currents and dispersed in the atmosphere by the movements of the air and turbulence. The concentration of atmospheric lead in the City of Cajamarca is a subject of great interest since the vehicle fleet is considered as the main point of emission, in recent years it has been increasing considerably as a product of concern in the population. In this thesis we make use of an Urban / Regional model, using the integration of models and databases, we have worked with the data of monitoring of concentration of lead of the years 2015, 2016 and 2017, provided by the Sub Management of Protection and Environmental Control of the Provincial Municipality of Cajamarca, and the historical meteorological data provided by the National Service of Meteorology and Hydrology (SENAMHI), with which it has allowed us to elaborate a dispersion model of the concentration of atmospheric lead and the direction to the which moves at ground level. It was analyzed if there is a relationship between lead and wind behavior in the aforementioned years, in this analysis statistical methods were applied to find the daily / annual average, the directions of the wind and its speed; what was identified if there was some kind of predominant direction. Therefore, the wind directly influences the dispersion and concentration of Lead in the atmosphere of the city of Cajamarca; The relationship between wind speed and the concentration of Lead is inversely proportional since at lower wind speeds the concentration is higher, while the relationship with the dispersion is directly proportional since at higher speeds there is greater dispersion. It was analyzed that the annual average of the Environmental Quality Standards is $0.5 \mu\text{g} / \text{m}^3$ and the studied parameters do not exceed the annual averages and are below the ECA. Therefore, it was identified that there are factors that directly influence the concentration of lead in the atmosphere such as strikes (tire burning, tear gas bombs), forest fires, large-scale constructions, political campaigns (burning of fireworks) and small factories. brick.

Key words: lead dispersion modeling, prevailing atmosphere, winds and direction.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Abanto, R. L. (2011). *NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LA MODELACIÓN USADA EN LA APLICACIÓN DE MODELOS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PERÚ, 2005-2010*. Tacna.
- Avila Acosta, R. (2003). *ESTADÍSTICA ELEMENTAL*. Lima: Estudios y Ediciones R.A.
- Camilloni, I., & Vera, C. (2007). *LA ATMÓSFERA: CIENCIAS NATURALES*. Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.
- CEPAMARM. (2010). La Atmósfera. *Educación permanente de adultos "Mar Menor"*, 2 - 5.
- Cousillas, A. Z. (2001). *EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL PLOMO EN LA POBLACIÓN INFANTIL DEL URUGUAY*. Montevideo.
- Definicion. (2008). *Definicion.de*. Obtenido de TEMPERATURA: <https://definicion.de/temperatura/>
- DIGESA. (2017). *PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE Y GESTIÓN DE LOS DATOS*. Obtenido de Dirección General de Salud: http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf
- Echarri, I. (2007). *CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE*. España: Teide.
- IDEAM, I. d. (2003). *GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE MODELOS DE LA CALIDAD DEL AIRE*. Bogotá.
- JALISCO, G. D. (2017). *INVERSIÓN TÉRMICA*. Obtenido de Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/inversion_termica.pdf
- Jimenez, P. M. (2013). *SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*. Madrid.
- Juan Carrere, & Mariano Lardiez. (2012). *LA ATMÓSFERA: Planeta Tierra*. Orbit Media S.A. y Wajili Contenidos y Producciones S.A.
- Limo, J. U. (2005). *ESTUDIO SOBRE LA PRESENCIA DEL PLOMO EN EL MEDIO AMBIENTE DE TALARA EN EL AÑO 2003*. Lima.
- Manzur, M., Benzal, G., & Gonzáles, S. (2012). *MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS*. La Plata: Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM.
- Martin, P. B. (2005). *CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO DE BUENOS AIRES*. Buenos Aires.
- Martínes, A. E. (2004). *CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA*. Obtenido de EbookCenter:

<http://ebookcentral.proquest.com>

Mihelcic, J. R., & Julie Beth Zimmerman. (2012). *INGENIERIA AMBIENTAL*. Alfaomega.

MINAM. (22 de octubre de 2013). *CALIDAD AMBIENTAL*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D.S.-N%C2%BA-074-2001-PCM.pdf>

MINAM. (2014). *ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL*. Obtenido de MINISTERIO DEL AMBIENTE: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>

MINAM. (7 de junio de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones. *El Peruano*, págs. 6 - 9.

Morales, R. G. (2006). *CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA, Episodios críticos en la Ciudad de Santiago*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

OMS, O. P. (2017). CONTAMINACIÓN DEL AIRE AMBIENTAL. *Salud Ambiental*.

Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud, O. (2017). *CONTAMINACIÓN DEL AIRE AMBIENTAL*.

Paniagua Ramírez, E. K. (07 de junio de 2013). *Blog. INVERSIÓN TÉRMICA*. Obtenido de <http://paniaguaedgar.blogspot.com/2013/06/inversion-termica.html>

Sánchez, M. (6 de febrero de 2016). *METEOROLOGÍA EN RED*. Obtenido de El gradiente térmico vertical en la atmósfera: <https://www.meteorologiaenred.com/variacion-de-la-temperatura-con-la-altura.html>

SENAMHI. (2017). *MAPA CLIMATICO NACIONAL*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Serrano, J. M. (2016). Obtenido de la temperatura: <http://docplayer.es/15703549-Capitulo-3-la-temperatura.html>.

Sierra, M. M. (2006). *ESTABLECER LA ASOCIACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS VARIACIONES METEOROLÓGICAS TEMPERATURA, VELOCIDAD DEL VIENTO Y PRECIPITACIÓN Y LAS CONCENTRACIONES DE PM10 REGISTRADAS EN LA RED DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ D.C.* Bogotá.

Silva, V. A. (2010). *CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO (PM10 Y PM2.5)*. León.

Vargas, J. J. (2011). *SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA DEL VIENTO SUPERFICIAL SOBRE LA COSTA DE ICA UTILIZANDO EL MODELO NUMÉRICO DE LA ATMÓSFERA DE MESOESCALA MM5*. Lima.