



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“INFLUENCIA DE LA INVERSIÓN TÉRMICA EN LA  
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SEGÚN LOS ECAS  
EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA DEL 2013 AL 2015”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Ambiental**

**Autoras:**

Bach. Fanny Guadalupe Pérez Rodríguez

Bach. Nancy Jhoany Rodas Monsefú

**Asesor:**

Mg. Ing. Gary Christiam Farfán Chilicaus

Cajamarca – Perú

2017

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA I.....	iii
DEDICATORIAII.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
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. <i>Objetivo general</i> .....	15
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	15
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1. Antecedentes .....	16
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.1. <i>Cajamarca:</i> .....	18
2.2.2. <i>Contaminación atmosférica:</i> .....	18
2.2.3. <i>Estándares de Calidad Ambiental – ECA</i> .....	21
2.2.4. <i>Límite Máximo Permisible - LMP</i> .....	24
2.2.5. <i>Monitoreo de Contaminación Atmosférica en Cajamarca.</i> .....	24
2.2.6. <i>Inversión Térmica</i> .....	45
2.3. Hipótesis .....	47
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>48</b>
3.1. Operacionalización de variables: .....	48
<b>Variables.....</b>	<b>48</b>
<b>Definición conceptual .....</b>	<b>48</b>
<b>Dimensiones .....</b>	<b>48</b>
<b>Indicador .....</b>	<b>48</b>

3.2.	Diseño de investigación .....	49
3.3.	Unidad de estudio .....	49
3.4.	Población .....	49
3.5.	Muestra (muestreo o selección).....	49
3.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....	50
3.7.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos .....	53
3.7.1.	<i>Método:</i> .....	53
3.7.2.	<i>Instrumentos:</i> .....	53
3.7.3.	<i>Procedimiento:</i> .....	54
<b>CAPÍTULO 4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>63</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>63</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>65</b>
	<b>REFERENCIA</b> .....	<b>66</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>68</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Focos de contaminación .....	20
Cuadro 2: Tipos de contaminantes .....	20
Cuadro 3: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.....	23
Cuadro 4: Concentración de Partículas Menores a 10 Micras (PM-10) .....	25
Cuadro 5: Concentración de Partículas Menores a 2.5 Micras (PM-2.5) .....	26
Cuadro 6: Concentración de Plomo .....	28
Cuadro 7: Concentración de contaminantes de Plomo, PM 2,5 y PM10 y su relación con la inversión térmica en el año 2013 .....	55
Cuadro 8: Concentración de contaminantes de Plomo, PM 2,5 y PM10 y su relación con la inversión térmica en el año 2014 .....	57
Cuadro 9: Concentración de contaminantes de Plomo, PM 2,5 y PM10 y su relación con la inversión térmica en el año 2015 .....	60

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles .....	24
Imagen 2: Ubicación de la estación de muestreo en el distrito de Cajamarca .....	51
Imagen 3: Ubicación de la Estación de Meteorológica Automática UNC .....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Concentración de Partículas Menores a 10 micras (PM-10).....	25
Gráfico 2: Concentración de Partículas Menores a 2.5 micras (PM-2.5).....	26
Gráfico 3: Concentración de Plomo (Pb) .....	28
Gráfico 4: Concentraciones horaria de Monóxido de Carbono; Febrero del 2010 .....	29
Gráfico 5: Concentraciones máximas diarias de Promedio Móvil 8 horas de Monóxido de Carbono; Febrero del 2010.....	29
Gráfico 6: Concentraciones diarias de CO, con e l registro máximo horario, mínimo horario, la mediana y el percentil 90; Febrero - 2010 .....	30
Gráfico 7: Concentraciones horarias de Monóxido de Carbono; Marzo del 2010 .....	31
Gráfico 8: Concentraciones máximas diarias de Promedio Móvil 8 horas de .....	32
Gráfico 9: Concentraciones diarias de CO, con e l registro máximo horario, mínimo horario, la mediana y el percentil 90; Marzo – 2010. ....	32
Gráfico 10: Concentraciones horaria de Monóxido de Carbono; Abril del 2010.....	33
Gráfico 11: Concentraciones máximas diarias de Promedio Móvil 8 horas de Monóxido de Carbono; Abril del 2010.....	34
Gráfico 12: Concentraciones diarias de CO, con e l registro máximo horario, mínimo horario, la mediana y el percentil 90; Abril – 2010. ....	34
Gráfico 13: Concentraciones por minuto de Monóxido de Carbono; Abril – 2010.....	35
Gráfico 14: Concentraciones por minuto de Monóxido de Carbono; Abril – 2010.....	36
Gráfico 15: Concentraciones máximas diarias de Promedio Móvil 8 horas de .....	37
Gráfico 16: Concentraciones diarias de CO, con e l registro máximo horario, mínimo horario, la mediana y el percentil 90; Mayo – 2010. ....	38
Gráfico 17: Concentraciones por minuto de Monóxido de Carbono; Mayo – 2010.....	38
Gráfico 18: Concentraciones por minuto de Monóxido de Carbono; Mayo – 2010.....	39
Gráfico 19: Concentraciones horaria de Monóxido de Carbono; Julio – 2010 .....	39
Gráfico 20: Concentraciones diarias de CO, con e l registro máximo horario, mínimo horario, la mediana y el percentil 90; Julio – 2010.....	40
Gráfico 21: Concentraciones por minuto de Monóxido de Carbono; Julio – 2010 .....	41
Gráfico 22: Concentraciones horaria de Monóxido de Carbono; Agosto – 2010. ....	41
Gráfico 23: Concentraciones máximas diarias de Promedio Móvil 8 horas de .....	42

Gráfico 24: Concentraciones diarias de CO, con el registro máximo horario, mínimo horario, la mediana y el percentil 90; Agosto – 2010. ....	43
Gráfico 25: Concentraciones por minuto de Monóxido de Carbono; Agosto – 2010.....	44
Gráfico 26: Relación concentración de plomo e inversión térmica durante el año 2013.....	56
Gráfico 27: Relación concentración de PM <sub>2,5</sub> e inversión térmica durante el año 2013 .....	56
Gráfico 28: Relación concentración de PM <sub>10</sub> e inversión térmica durante el año 2013 .....	57
Gráfico 29: Relación de la concentración de plomo e inversión térmica durante el año 2014 .....	58
Gráfico 30: Relación de la concentración de PM <sub>2,5</sub> e inversión térmica durante el año 2014 .....	59
Gráfico 31: Relación de la concentración de PM <sub>10</sub> e inversión térmica durante el año 2014 .....	59
Gráfico 32: Relación de la concentración de plomo e inversión térmica durante el año 2015.....	61
Gráfico 33: Relación de la concentración de PM <sub>2,5</sub> e inversión térmica durante el año 2015 .....	61
Gráfico 34: Relación de la concentración de PM <sub>10</sub> de inversión térmica durante el año 2015 .....	62

## RESUMEN

Últimamente la contaminación atmosférica es un problema muy importante a nivel local, nacional y mundial. El 80% de la población del planeta vive en ciudades que destruyen el ambiente natural; de los elementos como el aire, el agua y la temperatura, que cambian drásticamente por las acciones de la contaminación que se incrementa severamente.

Nuestra ciudad de Cajamarca no es la excepción a este problema, el aire que se respira en el distrito está contaminado con gases, polvos y humos provenientes del parque automotor, pollerías, panaderías, restaurantes, discotecas, construcciones, erosión, incendios forestales y otros; que superan los ECAS (Estándares de Calidad Ambiental) para aire de acuerdo al D.S N°003-2008-MINAM.

Por ello el objetivo de nuestra investigación es determinar la influencia de la inversión térmica en la contaminación atmosférica según los ECAS en el distrito de Cajamarca durante los años 2013 a 2015. Como resultado de nuestra investigación concluimos que la presencia de una capa de inversión térmica influye en el incremento de la concentración de contaminantes atmosféricos como el plomo, PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>. Asimismo determinamos que existen otros factores que influyen directamente en la concentración de contaminantes así como: incendios forestales, construcciones a gran escala, precipitaciones, vientos, concentraciones masivas de personas en actividades festivas, huelgas (quema de llantas, bombas lacrimógenas, bloqueo de carreteras), campañas política (quema de fuegos artificiales, aumento de tráfico vehicular), entre otras.

Por lo cual incitamos al Grupo Técnico de Calidad del Aire de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, tomar en consideración esta investigación para crear medidas de control sobre las distintas fuentes de contaminación atmosférica, ya que si estas aumentan su número de manera indiscriminada, se superarán los ECAS del aire con facilidad, ocasionando estragos de salud en la población y animales.

## ABSTRACT

In recent times, air pollution has become a major issue at local, national and global level. 80% of the population in the world lives in cities that destroy the natural environment of elements such as air, water and temperature, which change drastically due to severe increases in pollution.

Our city of Cajamarca is no exception to this problem, the air that is breathed in the district is contaminated with gas, dust and fumes from motor vehicles, bakeries, restaurants, nightclubs, buildings, erosion, forest fires and others; which exceed the air ECAS (Environmental Quality Standards) according to D.S. No. 003-2008-MINAM.

For this reason, the objective of our research is to determine the influence of thermal inversion in air pollution, according to ECAS in the district of Cajamarca from 2013 thru 2015. As a result of our research, we concluded that the presence of a thermal inversion layer influences the increase in concentration of atmospheric pollutants such as lead, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>. We also determined that there are other factors that directly influence the concentration of pollutants, such as: forest fires, large scale constructions, precipitation, winds, massive concentrations of people in festive activities, strikes, protests, political campaigns, among others.

Therefore, we are recommending the Air Quality Technical Group of the Municipality of Cajamarca and SENAMHI to take into consideration this investigation to implement control actions on the different sources of atmospheric pollution. If these increase their number indiscriminately, along with the effect of thermal inversion, air ECAS will be easily exceeded, causing harm to health of people and animals.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIA:

1. Afzal, M. &. (2002). *Atmospheric Fungi of Karachi* (Vol. 5).
2. Antón Uriarte Cantolla. (2003). *Historia del clima de la tierra*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
3. Ayala y Oliver. (2010). *Calidad del Aire en Edificios Destinados a Oficinas. Parámetros y Estándares de Diseño y Gestión para una Ventilación Eficiente*. (Vol. 12).
4. Barahona K. (2010). *Estudio microbiológico del material particulado atmosférico de Santiago mediante herramientas de biología molecular*. Tesis de Magister. Universidad de Chile, Santiago 62p.
5. Bravo Barrientos L. (2014) *Dirección de Calidad Ambiental - Ministerio del Ambiente - MINAM*
6. BRACK, Antonio. (2002) *La Buena Tierra DVD No18 “Aire limpio, ciudad limpia”, Mullu Producciones, TNP, Lima*
7. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DE AMBIENTE. (2005) *Manual de Autoinstrucción: Orientación para el Control de la Contaminación del Aire, Estados Unidos, Cap.2,6*
8. Decreto Supremo nº 003-2008-MINAM. *Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para Aire*. Diario Oficial El Peruano.
9. DEFENSORIA DEL PUEBLO. (2009). *Informe Defensorial N0134: La Calidad del Aire en Lima y su Impacto en La Salud y La Vida de sus Habitantes,Lima*
10. Efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud. (04 de junio 2012). *Cumbe*, pp 3
11. Garreaud Salazar, R; Rutllant Costa,J. y Merino Thayer, M. (2014) *Caracterización de la estructura térmica de la atmósfera en la cuenca de Santiago y su relación con la calidad del aire*. (Tesis de maestría). Universidad de Chile
12. Generalitat Valenciana (2010): *Red de vigilancia de la contaminación atmosférica. Calidad del aire de la Comunidad Valenciana*. Cancillería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente (CITMA)
13. Lazarides, M., (2011) *First Principles of Meteorology and Air Pollution*. Technical University of Crete, Department of Environmental Engineering, Polytechnioupolis, Greece. 362p.

14. López Jiménez P.A. (2014) *Distribución de temperaturas verticales en la atmósfera y estratificación*. España
15. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2004) *Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud, guías para la calidad del aire, Lima, 5p*
16. Poma, J. M. R. (2014). *Desarrollo de un Modelo Dinámico para determinar la incidencia de los factores contaminantes del aire en la población de Lima Metropolitana*. Industrial Data, 15(2), 054-062p.
17. Pujadas Cordero, M. (2004) *Formación y transporte de dióxido de nitrógeno en la cuenca aérea de Madrid en situaciones episódicas de invierno*. (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid
18. Ramírez, H., Andrade, M., Bejaran, R., García, M., Wallo, A., Pompa, A. y De La Torre, O. (2009). *The spatial-temporal distribution of the atmospheric polluting agents during the period 2000–2005 in the Urban Area of Guadalajara*, México. Vol. 165, Issues 1-3, 15 June 2009, 1128-1141p.
19. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). *Informe Meteorológico*. Lima: Sánchez Ccoyllo, O; Ordóñez Aquino, C; Aliaga Martínez, R. y Rojas Quincho, J.
20. WIERTZ, J. (2008) *Gestión Ambiental en Minería, MI55D, Modelos atmosféricos en dispersión de contaminantes*
21. Tsonis, A.A., (2007) *“An introduction to atmospheric thermodynamics”*, Cambridge University Press
22. Urbiola del Carpio, J.E. (junio, 2014). *Determinación de la Inversión Térmica en la ciudad de Cajamarca*. Conferencia-Seminario por el día Nacional del medio ambiente. Universidad Nacional de Cajamarca
23. <http://www.panoramacajamarquino.com/noticia/contaminacion-del-aire-es-la-principal-causa-de-infecciones-respiratorias/>
24. <http://larotativa.pe/contaminacion-del-aire-cajamarquino-es-provocado-por-parque-automotor/>
25. <http://noticias.universia.edu.pe/ciencia-nn-tt/noticia/2014/05/08/1096183/oms-lima-ciudad-contaminacion-atmosferica-latinoamerica.html>
26. <http://www.senamhi.gob.pe/>
27. <http://siar.minam.gob.pe/sialcajamarca/>