



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE
POR MATERIAL PARTICULADO POR PLOMO EN
EL BARRIO CIUDADELA CHALACA – CALLAO”**

PRESENTADO POR LA BACHILLER

LLACUACHAQUI ROJAS, DENISSE MILAGROS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

LIMA - PERÚ

2015

DEDICATORIA

En el transcurso de mi vida perdí dos personas muy importantes para mí, pero gane dos ángeles que desde el cielo me cuidan y protegen en todos los sentidos, quiero dedicar la presente tesis a mis abuelos; me hubiera encantado que estuvieran aquí conmigo, pero sé que ellos desde el infinito ven todos mis pasos, un millón de gracias por sus consejos y su inmenso cariño, espero estén muy orgulloso de mí, les prometí ser profesional y lo logré.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la salud y la fuerza para realizar mis estudios todos estos largos años, a mis padres y hermanos por su amor y apoyo incondicional, a mis amigos y compañeros de trabajo que siempre me apoyaron moralmente; para finalizar y de forma muy especial a mi universidad que me brindo los conocimientos necesarios y puso en mi camino profesores que con sus ideas y sabios aportes se logró realizar la presente tesis.

RESUMEN

Existe hace décadas en la Región Callao, específicamente en el Barrio Ciudadela Chalaca un alto grado de contaminación atmosférica por material particulado PM-10 compuesto por plomo, considerada peligrosa para la salud de las personas más vulnerables.

El objetivo principal del presente estudio es identificar si el almacenamiento y transporte de mineral polimetálico son los factores que siguen originando altos niveles de contaminación por material particulado plomo, como sucedía hace más de 50 años a fin de conocer si las medidas aplicadas para la mitigación de la contaminación permitieron disminuir el impacto a la calidad del aire y por ende la calidad de vida.

El desarrollo de la tesis incluye la recopilación y análisis de información histórica sobre el tema de la contaminación en las zonas aledañas a los almacenes de mineral polimetálico, material que proviene de las unidades mineras del centro del país que es depositado temporalmente para luego ser embarcado para la exportación.

Además incluye los resultados del muestreo en campo y análisis laboratorio de las concentraciones de PM 10, PM 2.5 y plomo que fueron realizados en el mes de septiembre del 2014, estos resultados muestran un descenso significativo de las concentraciones de los contaminantes que no superan los estándares de calidad ambiental correspondientes.

Realizando una contrastación de los resultados obtenidos en el presente estudio con los datos estadísticos de la contaminación en décadas pasadas nos permite afirmar que las medidas aplicadas para disminuir la afectación de la calidad del aire han sido efectivas.

La estación de muestreo que presenta mayor concentración de contaminantes pero muy por debajo del ECA Aire se encuentra ubicado frente al perímetro los almacenes de mineral de la empresa IMPALA-CORMIN, las demás estaciones de monitoreo presenta resultados de menor concentración de contaminación en la medida que estuvieron ubicados en espacios más lejanos a los almacenes.

Las recomendaciones incluyen propuestas para monitorear de manera constante y cuantitativa la presencia de los elementos contaminantes antes mencionados, se recomienda asimismo mantener las medidas de control y de disminución del transporte de partículas por efecto del viento manejando el almacenamiento del material en almacenes ecoeficientes.

La autora

ABSTRACT

There decades in the Callao region, specifically in the neighborhood Citadel Chalaca a high degree of air pollution by particulate matter PM10 consisting of lead, considered dangerous to the health of the most vulnerable people.

The main objective of this study is to identify whether the storage and transport of polymetallic ore are the factors that continue causing high levels of lead contamination particulate matter, as happened more than 50 years to know whether the measures implemented to mitigate contamination possible to reduce the impact to air quality and thus the quality of life.

The development of the thesis includes the collection and analysis of historical information on the subject of pollution in areas surrounding stores polymetallic mineral material that comes from the mining units in central Mexico that is deposited temporarily before being shipped to export.

It also includes the results of field sampling and laboratory concentrations of PM 10, PM 2.5 and lead were conducted in September 2014 analysis, these results show a significant decrease in the concentrations of pollutants do not exceed the standards corresponding environmental quality.

Performing a contrast of the results obtained in this study with the statistical data of pollution in past decades allows us to state that the measures to reduce the impact on air quality have been effective.

The sampling station which has the highest concentration of pollutants but well below the ACE Air is located opposite the perimeter mineral stores of the company IMPALA-CORMIN, other monitoring stations presents results of lower concentration of contamination to the extent thatThey were located in more distant to stores spaces.

The recommendations include proposals to monitor consistently and quantitatively the presence of the aforementioned contaminants, it is also recommended to maintain control measures and reduction of particle transport by wind driving the storage of material in eco-efficient stores.

The author

INTRODUCCIÓN

Conforme a la información que manejan las instituciones públicas de la Región Callao (DIGESA-USAID, 2000), el Barrio Ciudadela Chalaca y las zonas aledañas como el Barrio Frigorífico, Barrio Chacharita y otros, han tolerado por muchos años una mala calidad del aire por efecto del transporte del material particulado provenientes de los almacenes de mineral polimetálico donde se exponían al aire libre y por efecto del viento estas partículas eran transportadas a la zonas residenciales causando una afectación significativa a la población infantil de la zona.

DIGESA desde los años 1998 y 1999 ha realizado evaluaciones en la salud por efecto de la contaminación por plomo en el Callao, con el apoyo de la agencia Internacional de Desarrollo de los Estado Unidos – USAID para evidenciar el nivel de plomo en la sangre, donde se obtuvieron resultados que demostraron que los niños que viven en tres localidades aledañas a los depósitos de concentrados de Minerales del Callao presentaron los valores más altos de plomo en sangre con respecto a aquellos que vivían en otras zona de la ciudad superando los límites de plomo establecidos por la OMS.

Posteriormente el año 2000, el Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, realizó el estudio denominado “Evaluación de plomo en la atmosfera de Lima Metropolitana y Callao” donde se determinó que las áreas con alta concentración de plomo se encontraban cerca de los depósitos de mineral ubicados en el Puerto del Callao.

Se conoce que la composición química de las partículas es muy heterogénea, las partículas con diámetro inferior a 10 μm (denominadas PM 10) son dañinas para la salud humana, ya que pueden penetrar en las vías respiratorias. La fracción fina del PM 10 (partículas con diámetro menor a 2.5 μm denominadas PM 2.5) es de mayor peligrosidad al ser 100% respirables,

penetrar y permanecer mayor tiempo en los pulmones; además, en general su composición química es de mayor toxicidad (Prendez, 1993; US EPA, 2004). El aumento de la frecuencia de infecciones respiratorias agudas, cáncer pulmonar y muertes prematuras son los principales efectos en salud vinculados a la exposición prolongada a material particulado respirable compuesto por plomo, se debe hacer mención por lo tanto que los riesgos a la salud por efecto de la contaminación por plomo constituye una problemática ambiental bastante importante, considerando que los efectos en el ser humano son irreversibles, por lo cual se justifica el desarrollo del presente trabajo de investigación.

El presente trabajo consta de cuatro capítulos, en primer lugar se expone la realidad problemática de la zona de estudio, para formular el problema principal, planteando los objetivos de la investigación, luego del cual se plantea las hipótesis con sus respectivas variables e indicadores reforzándose en el marco teórico para poder explicar las causas y consecuencias del problema a través de recopilación de fuentes secundarias de información las cuales son corroborados con la experimentación en el campo a través de los muestreos realizados en la zona de estudio de acuerdo a la metodología seleccionada.

El último capítulo describe los hallazgos y resultados encontrados durante el monitoreo en campo, análisis y discusión de los mismos que permitieron describir conclusiones y plantear recomendaciones para mejorar la realidad problemática.

ÍNDICE

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Resumen	iii
Abstract	v
Introducción	vii

CAPÍTULO I

PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Descripción de la realidad problemática	1
1.1.1.	Caracterización del problema	1
1.1.2.	Definición del problema	2
1.2.	Formulación del problema	4
1.2.1.	Problema general	4
1.2.2.	Problemas específicos	4
1.3.	Objetivo de la investigación	4
1.3.1.	Objetivo general	4
1.3.2.	Objetivos específicos	4
1.4.	Justificación de la investigación	5
1.4.1.	Justificación teórica	5
1.4.2.	Justificación practica	5
1.5.	Importancia de la investigación	6
1.6.	Limitaciones de la investigación	7

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco referencial	
2.1.1.	Antecedentes de la investigación	8
2.1.2.	Referencias históricas	9

2.2.	Marco legal	17
2.3.	Marco conceptual	18
2.4.	Marco teórico	23
2.4.1.	Origen, tamaño y distribución del material particulado en la atmosfera	23
2.4.2.	Clasificación del material particulado	23
2.4.3.	Componente Aerosol de las partículas	24
2.4.4.	Componentes del material particulado	25
2.4.5.	Fuentes de contaminación por material particulado	25
2.4.6.	Efectos del material particulado sobre la salud humana	26
2.4.7.	Efecto de los factores meteorológicos sobre la dispersión de la contaminación	28
2.4.8.	Radiación Solar	29
2.4.9.	Descripción de los diferentes métodos de determinación de contaminantes del aire	31
2.4.10.	Muestreadores pasivos	31
2.4.11.	Muestreadores activos	32
2.4.12.	Analizadores automáticos	32
2.4.13.	Sensores remotos	33
2.4.14.	Ventajas y desventajas de las metodologías	33
2.4.15.	Implementación de las estaciones de monitoreo	35

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1.	Tipo y nivel de Investigación	40
3.1.1.	Tipo de la investigación	40
3.1.2.	Nivel de la investigación	40
3.2.	Método de la Investigación	40
3.3.	Diseño de la Investigación	40
3.4.	Hipótesis de la Investigación	43
3.4.1.	Hipótesis General	43

3.4.2. Hipótesis específicas	43
3.5. Variables	43
3.5.1. Variable Independiente	43
3.5.2. Variable Dependiente	43
3.5.3. Operacionalización de hipótesis, variables e indicadores	44
3.6. Cobertura del Estudio de Investigación	45
3.6.1. Universo.	45
3.6.2. Población.	45
3.6.3. Muestra.	46
3.7. Técnicas de instrumentos y fuentes de recolección de datos	47
3.7.1. Técnicas de la investigación	47
3.7.2. Instrumentos de la investigación	52
3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos	53

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados	54
4.1.1. Resultados parciales	55
4.1.2. Resultados generales	66
4.2. Contrastación de Hipótesis	67
4.3. Discusión de resultados	68
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	73

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

1.1.1. Caracterización del problema.

Según estudios de la dirección de asuntos ambientales de la región Callao y la DIGESA con el apoyo de la USAID (Agencia de los estados Unidos para el desarrollo Internacional) realizados entre 1999 al 2000, evidencio una problemática de la contaminación del Aire en la zona de los Barrios contiguos a los almacenes de mineral polimetálico, además se comprobó que la contaminación por Plomo alcanzo concentraciones consideradas muy peligrosas para la salud de las personas, por este motivo muchas Organizaciones Internacionales están realizando seguimiento a esta problemática local (Comisión Interamericana de Derechos Humanos, abril 2012). La población más expuesta a la contaminación del Aire es el Barrio Puerto Nuevo, Barrio Chacharita, Barrio Frigorífico, entre otros, problemática que se presenta hace décadas y experimenta un alto grado de contaminación por material Particulado compuesto por Plomo.

Los altos niveles de contaminación obedecen a la conjunción de varios factores como son la creciente actividad de los almacenes de material polimetálico ubicados muy cerca al área residencial, que significa elevados niveles de emisión de contaminantes plomo a la cual se suman condiciones urbanas propias de la ciudad del Callao, las condiciones geográficas y meteorológicas de la zona que son particularmente favorables para la dispersión de los contaminantes.

El Barrio Ciudadela Chalaca se encuentra asentado muy cerca del Puerto del Callao, donde se almacenan grandes cantidades de mineral concentrado polimetálico. Según las estadísticas de la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas, se exporta aproximadamente 216,700 toneladas métricas / años las que son almacenadas previamente para su exportación (OSENERGMIN 2007), estos concentrados provenientes en su mayoría de la Sierra Central, transportando en Ferrocarril 25% y en Camión un 75% representan un problema al ser manejados inadecuadamente en los depósitos y en el tránsito a los barcos causando la dispersión de las partículas metálicas finas que la componen y suspendiéndose en el Aire influenciando así en la calidad de la misma.

1.1.2. Definición del problema

En el Perú como en otros países la contaminación ambiental está asociada con la extracción, transformación y almacenamiento de los recursos naturales. El deficiente planeamiento de las ciudades y su crecimiento desordenado son otros de los factores que originan problemas de contaminación, afectando a la población.

La contaminación del Aire comenzó en los años cincuenta y sesenta, con el “boom” de las harineras de pescado. Ciudades como Lima, Callao y Chimbote fueron las principales afectadas. La minería metálica y no metálica también fueron causantes de la contaminación atmosférica en los alrededores de poblaciones como La Oroya y Yura (DIGESA 2005).

Para determinar la calidad del aire se realizan monitoreos ambientales y un parámetro importante a medir en lo que

respecta a la contaminación del aire es el material particulado de tamaño aerodinámico menores a 10 micras (PM10) y menores a 2.5 micras (PM 2.5) caracterizado en su composición por poseer partículas metálicas (Warner, 1981).

El Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, realizó un estudio el año 2000, denominado “Evaluación de Plomo en la Atmósfera de Lima Metropolitana y Callao”; donde detectaron áreas con alta concentración de Plomo cerca a los almacenes que son usados para acumular mineral como paso previo para el embarque en el Puerto del Callao, las concentraciones de Plomo encontradas fueron de 1.61 ug/m^3 sobrepasando el límite de los niveles máximos permisibles de Calidad de aire: 0.5 mg/m^3 (Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM).

Como resultado de esta investigación se pudo precisar la contaminación por plomo en el aire e identificar como la fuentes de contaminación más importante a los depósitos de concentrados de minerales y es que el traslado de estos se realizaba sin ningún respeto por el medio ambiente, ocasionando todo su ciclo un gran impacto sobre la calidad del Aire

Además según los estudios realizados por DIGESA, con el apoyo de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos – (USAID 1999) entre los años 1998 y 1999, para determinar el nivel de plomo en la sangre, demostraron que los niños que viven en tres localidades aledañas a los depósitos de concentrados de Minerales del Callao presentaron los valores más altos, superando los límites establecidos por la OMS

(Organización Mundial de Salud 1977), especialmente en la Institución Educativa “María Reiche” y el AA.HH. Ciudadela Chalaca, se debían a la contaminación ambiental ocasionada por el mal manejo de los concentrados de plomo, procedentes de los depósitos mineros.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema Principal

¿Existe contaminación por material Particulado - Plomo en el Aire del Barrio Ciudadela Chalaca?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Existe algún efecto de los factores climáticos sobre la contaminación del Aire por material particulado plomo?
- ¿Se afecta la salud de la población por la contaminación del Aire por material particulado plomo?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. Objetivo General

Determinar la contaminación por material Particulado - Plomo en el Aire del Barrio Ciudadela Chalaca - Callao.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de los factores climáticos sobre la contaminación del Aire del Barrio Ciudadela Chalaca.
- Determinar el daño a la salud de la población por la contaminación del Aire en el Barrio Ciudadela Chalaca.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. Justificación teórica

El proyecto de investigación se orienta a evaluar un problema muy sensible y latente de la actualidad del distrito del Callao, específicamente del Barrio Ciudadela Chalaca, que es la zona colindante con los almacenes de mineral polimetálico que son depositados temporalmente para luego ser exportados, asimismo está orientado a conocer la principal fuente de contaminación del aire y reconocer la dinámica de la contaminación por las partículas compuestas por plomo que son dispersados por el viento desde los almacenes de material polimetálico existentes en lugares aledaños al Barrio Ciudadela Chalaca tomando como punto de partida los datos de contaminación del aire por plomo que ya existen de estudios previos, actualizándolos mediante el monitoreo de la calidad del Aire y de las condiciones climáticas para obtener datos actuales de esta problemática. El tema de investigación es la contaminación por Plomo en el aire y como esta puede impactar sobre la salud de las personas.

1.4.2. Justificación Práctica

La calidad ambiental del aire se ve alterada por el desarrollo de actividades antropogénicas y naturales (Solís, 2003), dicha alteración se ve reflejada por los sucesos durante los cuales los niveles de concentraciones de contaminantes sobrepasan los estándares nacionales de la calidad ambiental del aire. El impacto de la contaminación del aire en la salud de las personas se presenta principalmente de dos formas: La primera, en formas de contaminación crónica por espacios de

tiempo prolongadas y sostenidas; la segunda, en forma de contaminación aguda a través de exposiciones de corta duración, siendo esta forma de contaminación las que requieren de medidas inmediatas destinadas a reducir la concentración de contaminantes en el aire y disminuir la exposición de la población mediante el monitoreo permanente además de las evaluaciones periódicas de la población directamente afectada por este fenómeno.

1.5. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

La importancia de la investigación del presente trabajo de estudio está en conocer la concentración de material Particulado Plomo en la composición del Aire que se encuentra sobre la población del Barrio Ciudadela Chalaca, asimismo determinar el tamaño aerodinámico de las partículas por qué conociendo las características del material contaminante se puede conocer de antemano el daño a la salud que esto puede provocar o agravar enfermedades tales como asma, enfisema, bronquitis, silicosis, cáncer de pulmón y enfermedades cardiovasculares, además de afectar la presión arterial de personas mayores. Conociéndose que las más peligrosas principalmente son la fracción fina y ultra-fina (Peter O. Warner 2001). Las partículas PM10 se han relacionado también con problemas de reducción de visibilidad.

Los resultados de la evaluación permitirán comprobar si las diferentes medidas de control y mitigación implementadas en los almacenes de material polimetálico han sido suficientes para mantener intacta la calidad del aire del Barrio Ciudadela Chalaca.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El principal limitante de toda investigación científica es:

- **Económico:** Este factor es el limitante más importante del estudio por el elevado costo del monitoreo de material particulado, monitoreo de las condiciones meteorológicas y de los análisis en el laboratorio para determinar la concentración de plomo, los cuales no permitieron realizar una evaluación más minuciosa de la calidad ambiental que permitiría realizar una caracterización más detallada para determinar que la concentración de plomo actual no sobrepasa los estándares de Calidad Ambiental para Plomo (ECA) según el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA INVESTIGACION

2.1. MARCO REFERENCIAL

2.1.1. Antecedentes de la investigación.

La contaminación ambiental es un problema que se ha venido agravando en las últimas décadas en el Perú, sin embargo, en la práctica es poco lo que se hizo para reducirla a niveles aceptables o permitidos. A principios de la presente década se emitieron dos normas legales substanciales que tienen como objetivo principal controlar los niveles de los contaminantes; sin embargo, hasta la fecha, no logran el real efecto para el que fueron dictaminadas: reducir la contaminación

En efecto, en el año 2001, se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, mediante el Decreto Supremo 074-2001-PCM (Norma publicada el 24 de Junio del 2001), en el cual se restringe a los contaminantes Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, posteriormente, en el año 2003, se aprobó el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire, a través del Decreto Supremo N° 009-2003-SA (norma publicada el 25 de Junio del 2003) el cual tiene como objetivo controlar la contaminación aguda a través de exposiciones de corta duración, los cuales se caracterizan por requerir medidas inmediatas para reducir la concentración del contaminante en el aire y disminuir la exposición de la población a dichos contaminación.

No se debe dejar de mencionar además que el 15 de julio de 2003 se aprobó el Decreto Supremo que establece el valor anual de concentración de plomo (0.5 ug/m^3), en cumplimiento a lo establecido en el artículo 5 del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM que aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

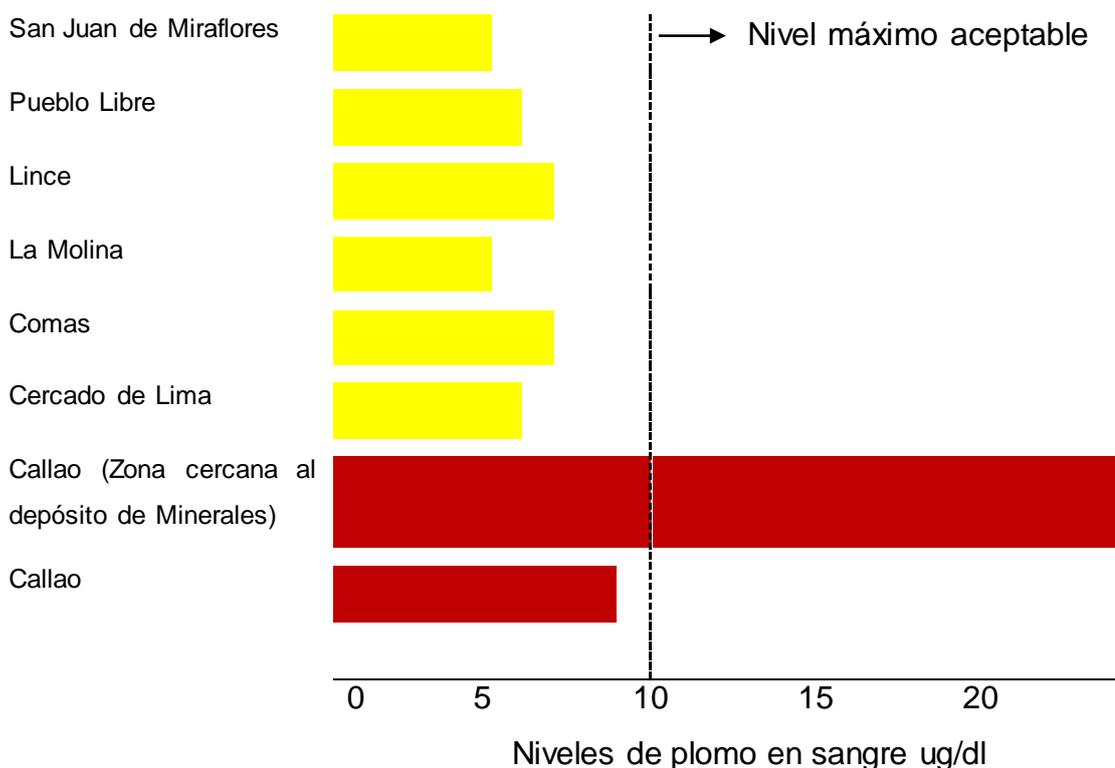
2.1.2. Referencias históricas.

En el Perú, la contaminación del aire en el Perú se genera debido al desarrollo de actividades industriales (como la actividad pesquera o minera) y por el deficiente parque automotor. De manera específica para Lima Metropolitana, el parque automotor y la actividad industrial son las principales causas de contaminación del aire. En efecto, según Plan Integral de Saneamiento Atmosférico - PISA de las unidades vehiculares son responsables de aproximadamente el 90% de la contaminación del aire (específicamente en PM10), mientras que el 10% restante se explica por las fuentes estacionarias (PISA, 2004). El parque automotor puede generar agravar los problemas en el futuro debido a que este sector en Lima Metropolitana crece en promedio 7% cada año, lo que sumado a la falta de mantenimiento de los vehículos y la ausencia de revisiones técnicas, no se logra controlar la emisión de gases contaminantes (El Comercio, 2005).

Estos problemas de contaminación del aire se agravan principalmente en las ciudades capitales debido a la densidad poblacional. Así, tal como lo menciona la Iniciativa del Aire Limpio para América Latina (CAI, 2012), el principal problema de contaminación atmosférica en el Área Metropolitana es la alta concentración de PM10, siendo las zonas críticas el Centro, Norte, Noreste y Este de la ciudad.

Existe información desde los años 1998 y 1999 sobre el problema de contaminación por Plomo en el Callao, según la evaluación de la salud de la población es esta zona realizada DIGESA, con el apoyo de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos – USAID, para determinar el nivel de plomo en la sangre, los resultados obtenidos demostraron que los niños que viven en tres localidades aledañas a los depósitos de concentrados de Minerales del Callao presentaron los valores más altos, superando los límites establecidos por la OMS de 10 ug/dl (Gráfico N° 1)

Gráfico N° 1
Estudio de plomo en sangre en población seleccionada de Lima y el Callao

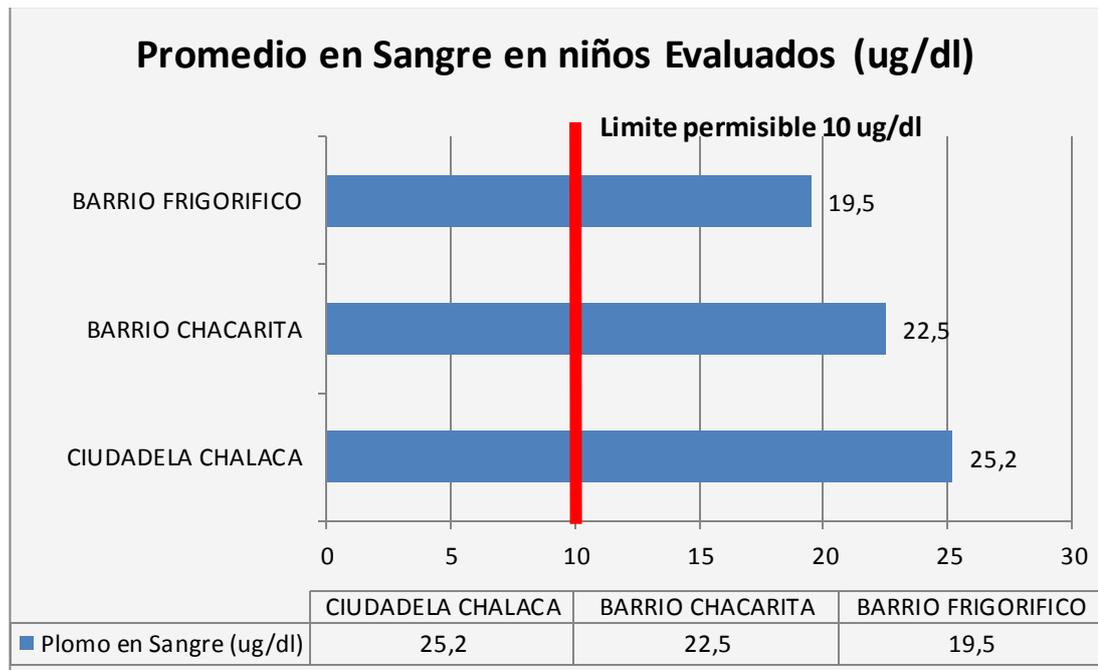


Fuente: Hernández – Ávila, Mauricio, Rocío Espinoza Lain, Luz Carbajal, M. USAID – Perú, 1999 (pag. 54)

Los resultados de estos primeros estudios generaron que en el año 1999 – 2000, DIGESA con el apoyo de USAID y los laboratorios del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos en Atlanta, efectuaran un “Estudio de Fuentes de Exposición a plomo en la Provincia Constitucional del Callao, Perú” a fin de determinar la fuente ambiental que originaba la causa de la contaminación, llegándose a determinar que los altos niveles de plomo estaba en los niños del Callao, especialmente en la Institución Educativa “María Reiche” y el AA.HH. Ciudadela Chalaca se debían a la contaminación ambiental ocasionada por el mal manejo de los concentrados de plomo, procedentes de los depósitos mineros, afectando además a otras poblaciones cercanas como Ciudadela Chalaca, Barrio Frigorífico, Chacharitas, San Juan Bosco y Anexos (Gráfico N° 2).

Gráfico N° 2

Rango de Plomo en sangre en niños seleccionados en el Callao expuestos a los depósitos de concentrados en minerales 1998-1999.



Fuente: Estudio de fuentes de exposición al plomo en la Provincia Constitucional del Callao, DIGESA Perú, 1999.

Entonces por el año 2000, el Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalúrgica y Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, realizó el estudio denominado “Evaluación de plomo en la atmosfera de Lima Metropolitana y Callao”; donde se determinó áreas con alta concentración de Plomo llegando a la conclusión que cerca de los depósitos de mineral ubicados en el Puerto del Callao la Calidad del Aire se encontraba impactada con material particulado como plomo de 1.61 ug/3 (tabla N° 1) sobrepasando el límite de permitido de plomo en el aire de 0,5 mg/m³ según el estándar de calidad del aire que regía en ese momento (Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM).

TABLA N° 1

Evaluación de plomo en la atmosfera de Lima Metropolitana y Callao

ESTACION DE MONITOREO		PM 10	Pb EN PM 10	As EN PM 10
N°	UBICACION	(ug/m ³)	(ug/m ³)	(ug/m ³)
1	Ciudad Universitaria, Lima	75	0,245	0,038
2	Av. Arequipa / J. Prado, Lince	72	0,098	0,035
3	Paseo de la Republica, Cercado	80	0,409	0,048
4	Av. Universitaria, SMP	70	0,245	0,035
5	Av. Túpac Amaru, Comas	80	0,348	0,042
6	Av. J. Prado / Av. Aviación, San Borja	72	0,241	0,043
7	ESLIM, Callao	50	1,614	0,05
8	Santa Rosa, Callao	45	0,151	0,032
LIMITE PERMISIBLE (ug/m³)		70*	0,5*	6**
* OMS				
* R.M. N° 315-96-EM/VM del Ministerio de Energía y Minas				

Fuente: “Evaluación de Plomo en la atmosfera de Lima Metropolitana y Callao”, Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y C. Geográficas UNMSM, 2000

Luego que se determinó que existía un problema de daño a la salud y que se identificó como causante de esto a los depósitos mal manejados de mineral polimetálico compuesto en gran medida por plomo que se encontraban aledaños a los barrios cuyas poblaciones estaban afectadas, se realiza una serie de estudio de monitoreo de la calidad de aire, específicamente en zonas colindantes a los depósitos.

Entre los años 2004 y 2012 se realizaron estudios de plomo en PM 10 en el aire realizado por la DISA Callao (Dirección de Servicios de Salud del Callao), en los siguientes puntos de Monitoreo: I.E. María Reiche, I.E. Divina Pastora y C.S. Ramos Castilla.

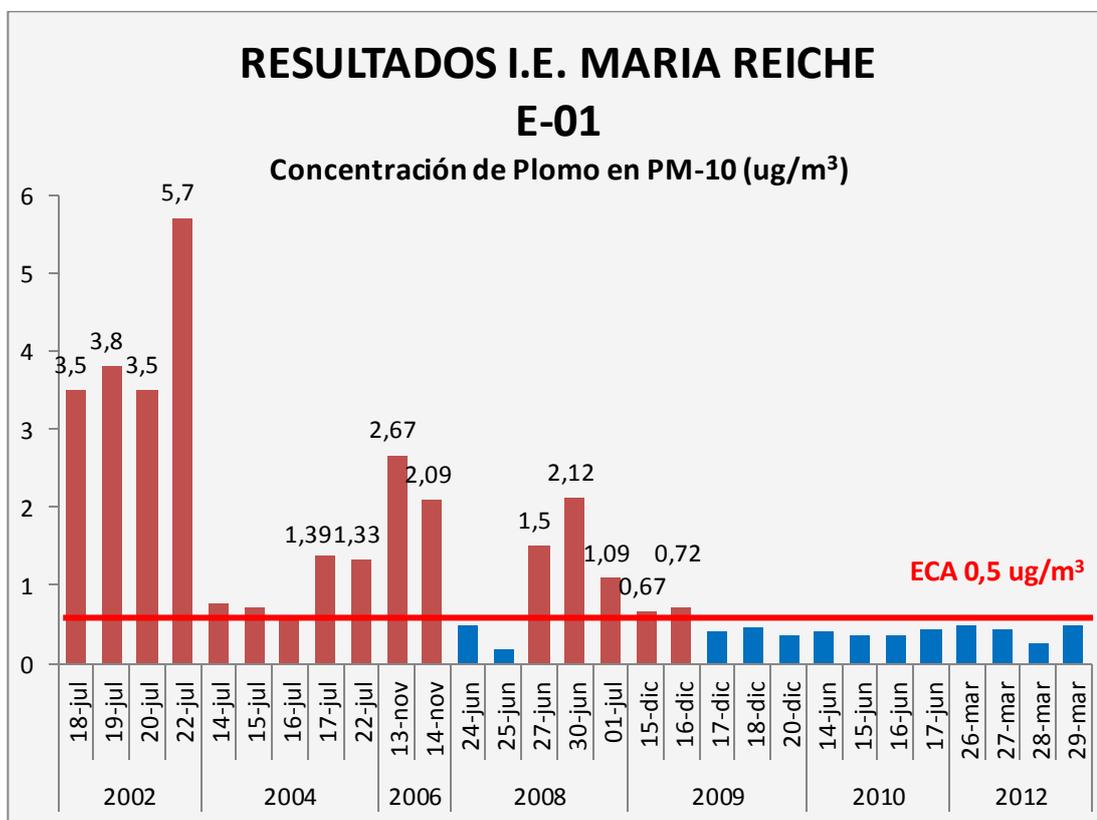
Tabla N° 2: Estaciones de monitoreo

Reportes de Monitoreo de plomo 2004-2012		
Estaciones de Monitoreo		
Punto	Establecimiento	Ubicación
E-01	Institución Educativa N° 5045 MARIA REICHE – Puerto Nuevo.	Av. Contralmirante Mora N° 420 – Callao
E-02	Institución Educativa N° 5039 DIVINA PASTORA – San Juan Bosco.	Parque N° 02, Zona Ciudadela Chalaca – Callao.
E-03	Centro de Salud Ramón Castilla	Jr. Cusco s/n, Urb. Ramón Castilla – Callao.

Obteniéndose los siguientes resultados:

Punto de Monitoreo E-01 – Colegio María Reiche.

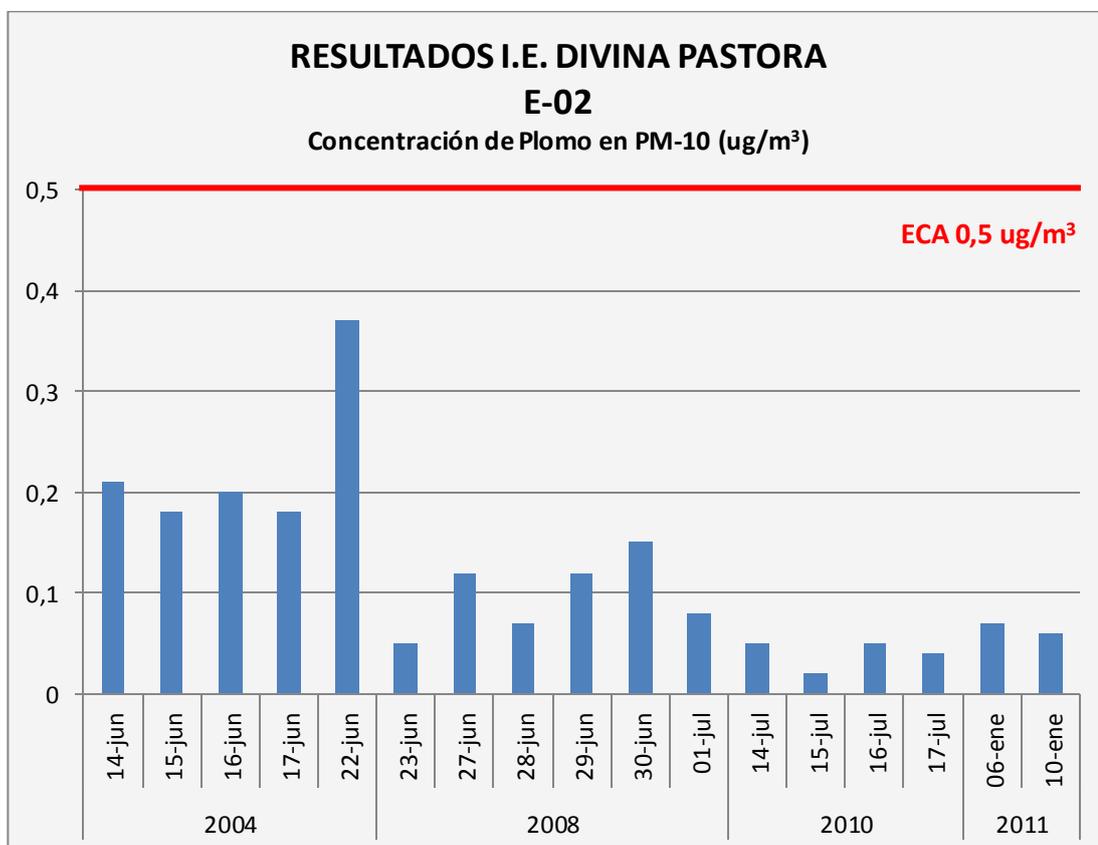
Grafico N° 3 – Concentración de plomo en PM-10 (I.E. María Reiche)



Fuente: I Foro transporte y movilidad en el ordenamiento territorial del Callao DISA, Septiembre, Callao – Perú 2013.

Los niveles de plomo muestran reportes con variación considerable, observándose 5,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como el pico máximo de contaminación por plomo ocurrido en Julio del 2004, entre los años 2004 y 2008 los reportes indicaron que la existencia de plomo en el aire que superan el estándar ambiental (DS 069-2003-PCM) por últimos se observa una disminución considerable del contaminante a partir de Diciembre del 2009 hacia los años posteriores.

E-02 Institución Educativa N° 5039 – DIVINA PASTORA
Gráfico N° 4: Concentración de plomo en PM-10 (I.E. Divina Pastora)

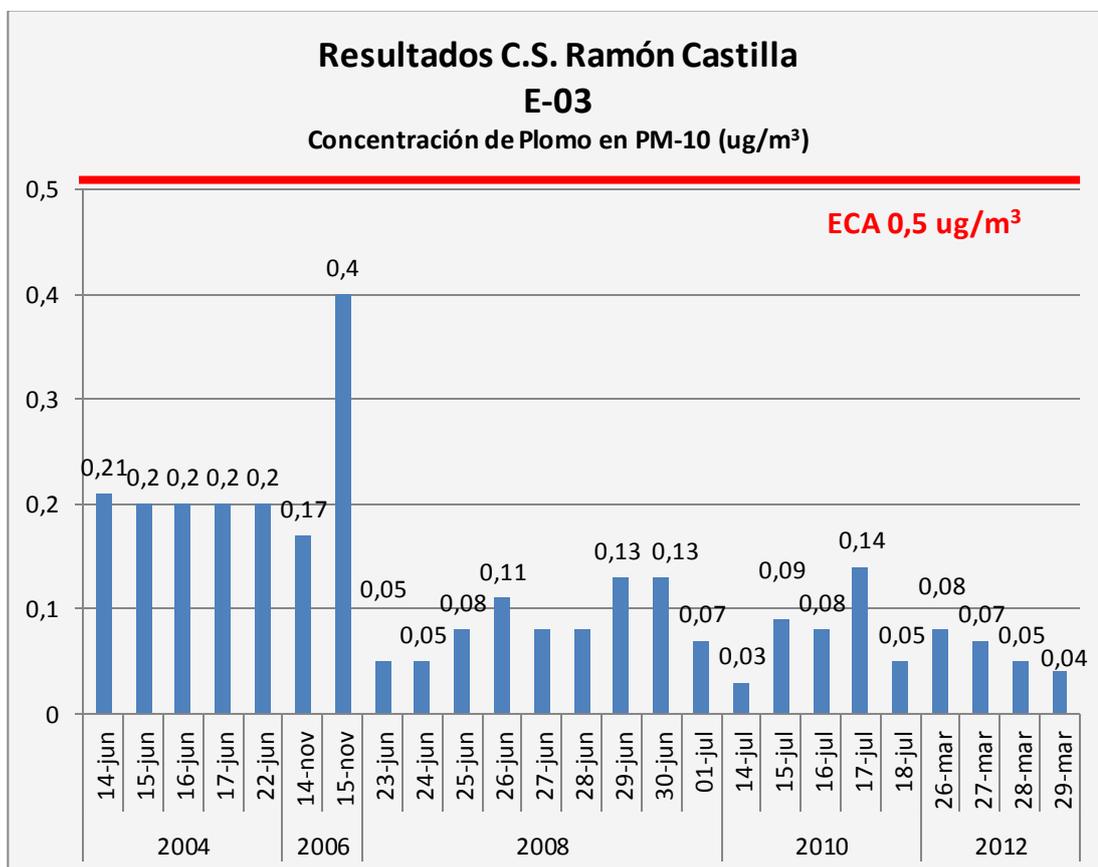


Fuente: I Foro transporte y movilidad en el ordenamiento territorial de Callao DISA, Septiembre, Callao – Perú 2013.

Los niveles de plomo durante los días monitoreados se reportan por debajo de los límites establecidos en el DS 069-2003-PCM, manteniendo una ligera variación, observándose como máximo una concentración de 0,37 ug/m³ y como mínimo 0,02 ug/m³.

E-03 Centro de Salud RAMON CASTILLA

Gráfico N° 5: Concentración de plomo en PM-10 (C.S. Ramón Castilla)



Fuente I: Foto Transporte y movilidad en el ordenamiento territorial del Callao DISA, Septiembre, Callao – Perú 2013.

Los niveles de concentración de plomo en el aire de esta estación de monitoreo durante los días evaluados se reportaron por debajo de los límites establecidos en el DS 069-2003-PCM, manteniendo una ligera variación observándose como máximo una concentración de $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y como mínimo $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$

2.2. MARCO LEGAL

Los criterios para la evaluación de la calidad del aire están dados por dos tipos de instrumentos legales. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) proporcionan los criterios de calidad que se aplican al aire ambiental en su condición de cuerpo receptor de emisiones de contaminantes atmosféricos (Emisiones gaseosas o de material particulado). Los Límites Máximos Permisibles (LMP) proporcionan los criterios de calidad exigidos para las fuentes puntuales de emisión de contaminantes atmosféricos. Los ECA y los LMP están definidos por las siguientes normas:

- Ley N° 26842 – Ley General de Salud
- Ley N° 29712 – Ley que modifica la Ley 26842, Ley General de Salud, sobre funciones y competencias de la Autoridad de Salud (art. 105, 106 y 122)
- D.S. N° 074-2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- D.S. N° 003-2008-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para aire.
- D.S. N° 009-2003-S.A., su modificatoria y Directiva Reglamento de Niveles de estados de alerta nacionales de contaminación del aire.
- Organización Mundial de Salud (OMS) referencia de límite máximo permisible para polvo sedimentable.
- R.S. N° 1404/2005/DIGESA, protocolo de monitoreo de calidad del aire y gestión de los datos.
- D.S. N° 069-2003-PCM, valor anual de concentración de plomo.
- R.M. N° 315-96-EM/MMM (19/07/96). Niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas.

Además existen también a modo de referencia los criterios de calidad del Grupo del Banco Mundial y del Consejo Canadiense de Ministerios del Ambiente (CCMA).

Los estándares de calidad del aire de la OMS y el Grupo del Banco Mundial han sido diseñados para alcanzar una calidad del aire que proteja la salud pública en diversos contextos y como tal no reflejan necesariamente los estándares de calidad del aire ambiental de los países en forma individual.

Los estándares canadienses de calidad del aire varían según el enfoque adoptado para equilibrar los riesgos a la salud, la factibilidad tecnológica, las consideraciones económicas y otros factores políticos y sociales diversos que, a su vez, dependerán, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y la capacidad nacional en el manejo de la calidad del aire.

En la mayoría de las jurisdicciones y organismos internacionales los estándares de calidad de aire ambiental se encuentran establecidos en la regulación y los estándares de emisión son calculados de manera específica para cada proyecto con el fin de asegurar el cumplimiento del estándar de calidad del aire aplicable.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Aerosol:** Suspensión de partículas sólidas, líquidas o de ambos tipos en un medio gaseoso, con una velocidad de descenso mínima.
- **Ambiente:** Conjunto de todas las condiciones externas que influyen sobre la vida, el desarrollo y la supervivencia de un organismo.

- **Combustión:** Reacción química en la cual un material se combina con el oxígeno durante la evolución del calor o quema.
- **Compuestos volátiles:** Sustancias que se evaporan con facilidad a temperaturas inferiores a su punto de ebullición.
- **Concentración máxima permisible.** Concentración de una sustancia química que no debe excederse bajo ninguna circunstancia en la exposición.
- **Contaminante.** Forma de materia o energía presente en un medio al que no pertenece, o bien, por arriba de su concentración natural en un medio no contaminado.
- **Contaminante primario.** Contaminante emitido a la atmósfera a partir de una fuente identificable, por ejemplo CO, NOX, HC, SO2 y partículas.
- **Contaminante secundario.** Contaminante que se forma por reacción química en la atmósfera, por ejemplo el ozono.
- **Contingencia.** Estado de alerta ambiental. Estado en el cual se detectan concentraciones de contaminantes atmosféricos que se acercan a niveles en que pueden causar un daño a la salud o son un riesgo para la misma. Puede haber diferentes niveles de alerta, desde un aviso preliminar hasta el que requiere de acciones de emergencia.
- **Depósito de Material Polimetálico Ecoeficiente.** Almacenes completamente herméticos con presión negativa de aire que sirve para almacenar mineral concentrado evitando que existan emisiones fugitivas.

- **Diámetro aerodinámico de las partículas.** Diámetro de una esfera de un g/cm^3 de densidad, con la misma velocidad terminal debido a la fuerza de la gravedad sin viento que la partícula.
- **Dispersión de los contaminantes.** Proceso por el cual un contaminante se traslada sitios remotos de su fuente.
- **El Estándar de Calidad Ambiental –ECA.** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presente en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente, Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.
- **Emisión.** Salida de contaminantes hacia el ambiente a partir de una fuente fija o móvil.
- **EPA.** Agencia de Protección del medio ambiental (USA), entidad que define las normas y protocolos de pruebas para vehículos automotores utilizadas en USA y otros países.
- **Episodio.** Hecho o suceso imprevisto en el cual se lleva a cabo una contingencia ambiental.
- **Erosión.** Desgaste o destrucción de las rocas y el suelo por la acción del viento, el agua o el hielo, para dar partículas pequeñas que pueden ser movilizadas por los mismos elementos.
- **Exposición.** Interacción entre un agente tóxico y un sistema biológico. Cantidad de agente químico o físico particular que llega al receptor.

- **Fuentes fijas.** Aquellas establecidas en un lugar determinado y su emisión se produce siempre en el mismo lugar.
- **Fuentes móviles.** Aquellas que cambian su ubicación con respecto al tiempo y el área de influencia de sus emisiones por lo que se considera lineal o de superficie.
- **Inventario de emisiones.** Conjunto de datos a partir de los cuales se puede establecer la distribución de las emisiones de un área determinada, con la ubicación de las fuentes más importantes y las cantidades que emiten.
- **Inversión térmica.** Fenómeno atmosférico natural en el cual la temperatura del aire no disminuye con la altura y que dificulta la dispersión de los contaminantes atmosféricos y agrava los incidentes de contaminación atmosférica.
- **Muestra.** Parte seleccionada que se separa de un conjunto y que se considera representativa del mismo conjunto al que pertenece.
- **Muestreo.** Recolección de una porción representativa para someterla a análisis y ensayos.
- **Partícula.** Masa pequeña discreta de materia sólida o líquida.
- **Polvo.** Partículas sólidas pequeñas con diámetro menor de 75 μm que se sedimentan por su propio peso pero que pueden permanecer suspendidas por algún tiempo.
- **Red de monitoreo.** Conjunto de estaciones de monitoreo interconectadas en una misma zona.
- **Partículas menores a 10 micras (PM-10).** Son partículas con diámetros aerodinámicos menores o iguales a 10 micras, cuyo tamaño les permite llegar a las vías respiratorias. Para el muestreo

de los PM-10 se utiliza un muestreador de alto volumen (Hi-Vol), que tiene un motor el cual succiona el aire del ambiente, haciéndolo pasar a través de un ciclón que discrimina las partículas de mayor tamaño y deja pasar las menores a 10 micras que se depositan luego en un filtro de fibra de cuarzo.

- **Partículas menores a 2.5 micras (PM-2.5).** Las partículas con un diámetro inferior a 2.5 micrómetros PM 2.5, son un indicador que representa la cantidad de partículas suspendidas que no se emiten directamente al aire sino que se forman en la atmósfera como producto de reacciones químicas y procesos físicos; las partículas PM 2.5 pueden alcanzar la cavidad alveolar y, por tanto, provocar daño en la salud de la población. La concentración de partículas PM-2.5 y PM-10 se calcula determinando el peso de la masa recolectada y el volumen de aire muestreado expresado en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). El período de muestreo es de 24 horas.
- **Plomo.** El plomo tiene amplias aplicaciones en las actividades humanas. Se trata de un elemento metálico suave, sumamente maleable y también dúctil, resultado así muy útil. Tiene un característico color plateado claro, blancuzco y de tintes azulados con un brillo intenso. También es de lo más fuerte, resistente a la corrosión y bueno para las aleaciones, siendo aleado con antimonio (Sb) en ocasiones para mejorar aún más estas características.

2.4. MARCO TEÓRICO

2.4.1. Origen, tamaño y distribución del material particulado en la atmosfera.

El material particulado atmosférico se origina de una variedad de fuentes y posee un amplio rango de propiedades químicas, físicas y termodinámicas; ellas se forman mediante subdivisiones o roturas de fragmentos mayores de materia y/o por aglomeración de fragmentos pequeños incluyendo moléculas (Jaenicke, 1980)

2.4.2. Clasificación del material particulado

Las partículas se clasifican en primarias y secundarias según la fuente que las origina. Las primarias son aquellas emitidas directamente por las fuentes bajo forma de partícula, tales como el polvo en suspensión o las partículas de humo emitidas por una chimenea. Las secundarias son aquellas producidas en la misma atmósfera a causa, por ejemplo, de reacciones químicas en fase gaseosa que producen especies capaces de condensarse.

Las partículas primarias son de todos los tamaños, en cambio las secundarias son en general partículas muy pequeñas (US EPA, 2004). La formación de partículas secundarias se realiza principalmente a partir de los tres procesos siguientes:

- **Coagulación:** proceso por el cual las partículas colisionan entre sí debido a su movimiento relativo, adhiriéndose para formar partículas más grandes.

- Nucleación a partir de vapor sobresaturado con la presencia de un núcleo de condensación (heterogénea) o no (homogénea).
- Condensación simultánea (proceso cinético de nucleación heterogénea) o consecutivo (difusión, inercial y electrostático).

Las partículas también se clasifican de acuerdo a su origen, ya sea natural o antrópico. Las fuentes naturales primarias más importantes son: el polvo levantado por el viento, el aerosol marino, las emisiones volcánicas, los incendios de bosques y matorrales. Las fuentes naturales secundarias incluyen sulfatos, nitratos y compuestos orgánicos (US EPA, 2004). El tamaño del material particulado es un parámetro muy importante en la determinación de efectos, tasa de depositación, tiempo de residencia en la atmósfera y destino de las partículas atmosféricas. Además, el tamaño de las partículas tiene gran relevancia en sus propiedades, en el comportamiento en la atmósfera y en las posibilidades de ser inhalada o capturada en los sistemas o equipos diseñados para su estudio.

2.4.3. Componente Aerosol de las partículas

Los investigadores de aerosoles utilizan varias aproximaciones o convenciones para clasificar las partículas, las cuales incluyen:

- Modal, clasifica las partículas en función de la distribución de tamaños y de los mecanismos de formación en modo grueso, modo fino, modo de acumulación y modo de nucleación

- Dosimetría, clasifica las partículas según el grado de penetración en el sistema respiratorio en partículas inhalables, torácicas y respirables.
- Punto de corte, de acuerdo al diámetro de las partículas para especificar los equipos de muestreo o captadores de éstas; se habla de partículas totales en suspensión (PTS), partículas respirables menores a 10 micrones (PM 10), partículas finas (PM 2,5), etc. (US EPA, 2004). En 1987, en Estados Unidos la NAAQS (National Atmospheric Air Quality Standard) decidió utilizar MP10 como un indicador para norma de calidad de aire por material particulado Respirable.

2.4.4. Componentes del Material Particulado

Los principales componentes del material particulado atmosférico (PM) son sulfato, nitrato, amonio, ión hidrógeno, agua adherida a las partículas, carbono elemental, una gran variedad de compuestos orgánicos, aerosol marino y elementos. La mayoría de los estudios de especiación química del PM evidencian una dependencia entre composición química y tamaño de las partículas (US EPA, 1996a). La distribución o clasificación en orden de importancia o participación de los componentes del material particulado depende fuertemente de la localidad.

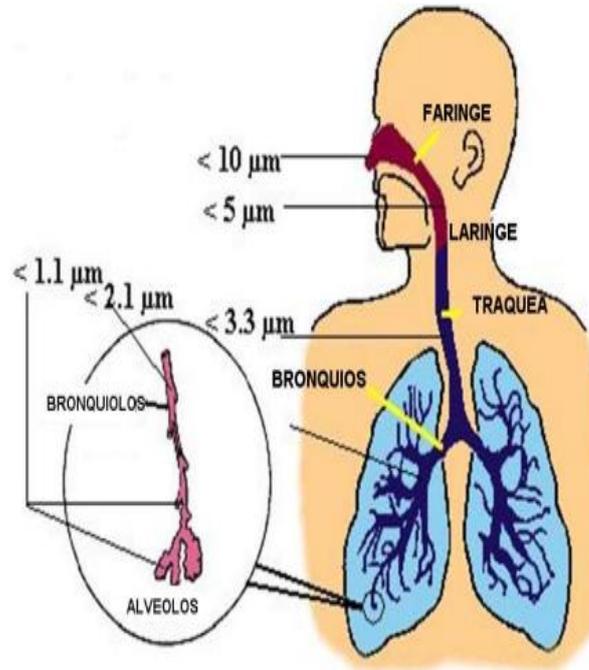
2.4.5. Fuentes de contaminación por Material Particulado

Las fuentes o procesos antropogénicos emisores de partículas que involucran combustión tienen un predominio de la fracción fina (partículas menores a 2,5 micrones), en cambio las emisiones asociadas a fuentes naturales tienen un predominio de la fracción gruesa.

2.4.6. Efectos del material particulado sobre la salud humana

El estudio de los episodios de elevada contaminación atmosférica en el Valle Meuse (Bélgica) en 1930, Donora (Pensilvania) en 1948 y Londres en 1952 han sido las primeras fuentes documentadas que relacionaron mortalidad con contaminación por partículas (Préndez, 1993). Avances en la investigación de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de las personas, han determinado que los riesgos a la salud son causados por partículas inhalables, en función de la penetración y depositación de éstas en diferentes secciones del aparato respiratorio, y la respuesta biológica a los materiales depositados. Las partículas más gruesas, sobre 5 μm son filtradas por la acción conjunta de los cilios del conducto nasal y la mucosa que cubre la cavidad nasal y la tráquea. Las partículas de diámetro entre 0,5 y 5 μm pueden depositarse en los bronquios e incluso en los alvéolos pulmonares, sin embargo, son eliminadas por los cilios de bronquios y bronquiolos al cabo de algunas horas. Las partículas menores a 0,5 μm pueden penetrar profundamente hasta depositarse en los alvéolos pulmonares, permaneciendo desde semanas a años, puesto que no existe un mecanismo mucociliar de transporte que facilite la eliminación (Préndez, 1993)

Penetración de partículas de distinto tamaño en el sistema respiratorio



Fuente: Elaboración a partir de información de USEPA, 1996

Las partículas que entran y permanecen en los pulmones pueden ocasionar diversos efectos adversos para la salud de las personas, entre ellos:

- Interferencia con los mecanismos de limpieza del tracto respiratorio, impidiendo o retrasando la eliminación de partículas nocivas.
- Irritabilidad de áreas sensibles de los pulmones
- Generación de procesos cancerígenos por efectos de partículas altamente tóxicas ante la exposición permanente (Stocker, 1981).

Otros estudios de exposiciones agudas a MP10 realizados en 29 ciudades de Europa (Katsouyanni et al., 2001) y en 20 ciudades de Estados Unidos (Samel et al., 2000) han informado aumentos de mortalidad por exposición a MP10 de 0,62% y 0,46.

Por lo tanto, una concentración de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ podría relacionarse con un aumento de 5% en la mortalidad diaria (OMS, 2005).

La OMS, 2005 ante la evidencia y consistencia de estudios de salud pública y efectos en la población urbana expuesta a concentraciones de material particulado, estableció valores guías por sobre los cuales se han observado significativos efectos en la salud de las personas.

Considerando la realidad de los países y la necesidad de establecer metas graduales la OMS ha recomendado niveles intermedios para promedios diarios y anuales de PM 10 y PM 2,5 asociándoles porcentajes de aumento en las tasas de mortalidad (OMS, 2005).

2.4.7. Efecto de los Factores Meteorológicos sobre la dispersión de la contaminación:

Las condiciones meteorológicas y topográficas afectan el transporte, dispersión y concentración de los contaminantes en la atmósfera. El ciclo de permanencia de los contaminantes se inicia con su emisión a la atmósfera, seguido por su transporte y difusión y se completa cuando los contaminantes se depositan sobre la vegetación, el ganado, las superficies del suelo y del agua, cuando son arrastrados de la atmósfera por la lluvia, o cuando se escapan al espacio. (Wark y Warner, 1994) Algunos de los factores meteorológicos básicos que influyen en la distribución de los contaminantes en el aire son:

2.4.8. Radiación Solar:

La energía necesaria para los procesos atmosféricos es suministrada por el flujo energético solar que llega a la Tierra en forma de radiaciones electromagnéticas. La cantidad de energía procedente del Sol que alcanza los límites de la atmósfera terrestre no es constante, sino que sufre pequeñas variaciones estacionales. Esta radiación no está sometida a un proceso uniforme, sino que parte de ella es devuelta al espacio exterior, por reflexión en las nubes y por difusión en las moléculas del aire y en las partículas en suspensión. Otra parte de la energía recibida del Sol, es absorbida directamente por la atmósfera según un proceso selectivo que actúa sobre las radiaciones de una determinada región del espectro; por ejemplo, el vapor de agua y el dióxido de carbono absorben las radiaciones de la región infrarrojo, y el ozono absorbe las radiaciones correspondientes al ultravioleta, de esta manera la radiación solar contribuye a la formación de contaminantes secundarios en el aire (reacciones fotoquímicas).

Influencia de los movimientos de las Masas de Aire: Es denominado también turbulencia atmosférica y es uno de los factores importantes en la dispersión de la contaminación del aire. Si el movimiento es vertical se denomina estabilidad de la atmósfera y los contaminantes emitidos bajo estas condiciones, cerca de la superficie del suelo tienden a permanecer ahí. Si el movimiento es horizontal se denomina viento y la velocidad de este, en gran medida la concentración de contaminantes en el aire, mientras mayor sea la velocidad del viento menor es la concentración de contaminantes, ya que este diluye y dispersa los contaminantes.

Influencia de las Precipitaciones sobre la contaminación

del aire: Este es un factor muy importante ya que diluye las partículas y contaminantes del aire y ayuda a minimizar los contaminantes emitidos de procesos industriales y partículas provenientes de otras actividades como la construcción. La humedad y la precipitación también pueden favorecer la aparición de contaminantes secundarios. La topografía de una región, a pesar de no ser un factor meteorológico influye en la distribución de los contaminantes atmosféricos. Las ciudades rodeadas de cadenas montañosas como las ubicadas en los valles, suelen tener mayores concentraciones de contaminantes del aire.

Las áreas urbanas con construcciones densas y edificios altos ejercen una gran fuerza de fricción sobre el viento haciendo que disminuya su velocidad, cambie de dirección y exista mayor turbulencia. La influencia térmica domina a la fuerza de fricción, materiales de construcción como ladrillo y concreto absorben y retienen el calor de manera más eficiente que el suelo y la vegetación de áreas rurales. Por lo general debido al continuo calentamiento las áreas urbanas nunca recobran las condiciones estables.

La dispersión y transporte de contaminantes también pueden estar afectados por la combinación de factores climáticos y geográficos, como por ejemplo, la inversión térmica la cual es una condición atmosférica causada por una interrupción del perfil normal de la temperatura de la atmósfera. La inversión térmica puede retener el ascenso y dispersión de contaminantes de las capas más bajas de la atmósfera y causar un problema localizado de contaminación del aire.

La dispersión de los contaminantes en el aire se puede evaluar mediante modelos de dispersión que calculan la concentración de estos contaminantes a nivel del suelo y a distintas distancias de las fuentes de emisión. Los modelos de dispersión suelen ser complejos y dependen de muchas variables como ubicación de la fuente de emisión, cantidad y tipo de contaminante emitidos, factores meteorológicos (temperatura, presión, velocidad del viento) y otros.

2.4.9. Descripción de los diferentes métodos de determinación de contaminantes del Aire

De acuerdo a la Guías de la Calidad del Aire de la OMS, los métodos de monitoreo se pueden dividir en cuatro tipos genéricos principales con diferentes costos y niveles de desempeño e incluyen a los muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos y sensores remotos.

2.4.10. Muestreadores pasivos

Ofrecen un método simple y eficaz en función de los costos para realizar el sondeo de la calidad del aire en un área determinada. A través de la difusión molecular a un material absorbente para contaminantes específicos, se recoge una muestra integrada durante un determinado periodo (que generalmente varía entre una semana y un mes). Los bajos costos por unidad permiten muestrear en varios puntos del área de interés, lo cual sirve para identificar los lugares críticos donde hay una alta concentración de contaminantes, como las vías principales o las fuentes de emisión, y donde se deben realizar estudios más detallados. Para aprovechar

al máximo esta técnica, se debe contar con un diseño cuidadoso del estudio y vigilar los procedimientos de aseguramiento y control de la calidad seguidos en el laboratorio durante el análisis de la muestra.

2.4.11. Muestreadores activos

Las muestras de contaminantes se recolectan por medios físicos o químicos para su posterior análisis en el laboratorio. Por lo general, se bombea un volumen conocido de aire a través de un colector –como un filtro (muestreador activo manual) o una solución química (muestreador activo automático)- durante un determinado periodo y luego se retira para el análisis. Hay una larga historia de mediciones con muestreadores en muchas partes del mundo, lo que provee datos valiosos de línea de base para análisis de tendencias y comparaciones. Los sistemas de muestreo (para gases), el acondicionamiento de muestras, los sistemas de ponderación para el material particulado (PM) y los procedimientos de laboratorio son factores clave que influyen en la calidad de los datos finales.

2.4.12. Analizadores automáticos

Pueden proporcionar mediciones de alta resolución (generalmente en promedios horarios o mejores) en un único punto para varios contaminantes criterios (SO_2 , NO_2 , CO , PM), así como para otros contaminantes importantes como los COV. La muestra se analiza en línea y en tiempo real, generalmente a través de métodos electro ópticos: absorción de UV o IR; la fluorescencia y la quimioluminiscencia son principios comunes de detección. Para asegurar la calidad de

los datos de los analizadores automáticos, es necesario contar con procedimientos adecuados para el mantenimiento, la operación y el aseguramiento y control de calidad.

2.4.13. Sensores remotos

Son instrumentos desarrollados recientemente que usan técnicas espectroscópicas de larga trayectoria para medir las concentraciones de varios contaminantes en tiempo real. Los datos se obtienen mediante la integración entre el detector y una fuente de luz a lo largo de una ruta determinada. Los sistemas de monitoreo de larga trayectoria pueden cumplir un papel importante en diferentes situaciones de monitoreo, principalmente cerca de las fuentes. Para obtener datos significativos con estos sistemas, es necesario contar con procedimientos adecuados para la operación, calibración y manejo de datos. Estos métodos requieren de mucha atención en la calibración de los instrumentos y el aseguramiento de la calidad para obtener datos significativos.

2.4.14. Ventajas y desventajas de las metodologías

Una amplia variedad de métodos está disponible para la medición de contaminantes en el aire, con una amplia variación en costos y precisión. Los métodos de monitoreo específicos deben ser seleccionados tomando en consideración los objetivos del programa de monitoreo y el presupuesto disponible.

Ventajas y desventajas de las diferentes técnicas de monitoreo de la calidad del aire

Método	Ventajas	Desventajas
Muestreadores pasivos.	<ul style="list-style-type: none"> - Muy económicos. - Muy simples. - No dependen de cables de electricidad. - Se pueden colocar en números muy grandes. - Útiles para sondeos, mapeos y estudios de línea base. 	<ul style="list-style-type: none"> - No ha sido probado para algunos contaminantes. - Solo suministran promedios mensuales y semanales. - Requieren mano de obra intensiva para su funcionamiento y el consiguiente análisis. - No existe un método de referencia para monitorear el cumplimiento. - Lenta generación de datos.
Muestreadores activos	<ul style="list-style-type: none"> - Económicos. - De fácil manejo. - Operación y rendimiento confiables. - Cuenta con base de datos históricos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suministran promedios diarios. - Requieren mano de obra intensiva para la recolección y análisis de muestras. - Requieren análisis de laboratorio.
Analizadores automáticos	<ul style="list-style-type: none"> - No han sido debidamente probados. - Alto rendimiento. - Datos horarios. - Información en línea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sofisticados. - Costosos. - Demandan alta calificación. - Altos costos recurrentes.

Método	Ventajas	Desventajas
Sensores remotos	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionan datos en función de la ruta y del rango de concentración. - Útiles cerca de fuentes. - Mediciones de componentes múltiples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Muy sofisticados y costosos. - Soporte, operación, calibración y validación difíciles. - No comparable con mediciones puntuales. - Visibilidad atmosférica e interferencia.

2.4.15. Implementación de las estaciones de monitoreo

Requisitos mínimos

- **Acceso**

El lugar para la ubicación de la estación de monitoreo debe ser accesible en todo momento y debe contar con un área para que los vehículos con el personal responsable ingresen al lugar, así como los vehículos de entrega de los cilindros de gases de calibración para el caso de estaciones con equipos automáticos, de modo que el suministro de los mismos se realice sin dificultad.

La estructura de la estación de monitoreo debe ser diseñada de modo que ofrezca un fácil acceso a los procesos de operación y mantenimiento rutinario de los equipos. Así mismo, deben adecuarse a las condiciones climáticas del área en estudio. Las estaciones con equipos automáticos deben contar con acceso a una conexión telefónica.

- **Seguridad**

La estación de monitoreo automático y las casetas para monitoreo activo deben tener los resguardos suficientes contra el vandalismo y el acceso limitado mediante cerraduras y mallas de seguridad.

- **Materiales**

Las casetas que protegerán a los equipos de monitoreo activo y automáticos deben confeccionarse con materiales de aluminio y acero, además de ser diseñadas para controlar las vibraciones y la luminosidad excesiva sobre los instrumentos. Las casetas, en el caso del monitoreo automático, deben estar protegidas frente a la caída de rayos y el exceso de voltaje.

Los contenedores para el monitoreo pasivo deben ser de PVC y estar lo suficientemente reforzados para soportar los efectos de la lluvia y corrientes muy fuertes de viento.

- **Suministro eléctrico**

El diseño de la estación de monitoreo automática, así como la caseta para el monitoreo activo, debe asegurar suministro eléctrico para los equipos que inicialmente se encuentren funcionando y también para futuras ampliaciones. Los circuitos eléctricos deben llevar la corriente eléctrica necesaria y se debe prever la colocación de un pararrayos, de ser requerido, con la correspondiente toma a tierra.

- **Equipos de medición de partículas y/o de gases según corresponda y su equipamiento asociado**

Los equipos de monitoreo a instalar en la estación dependerán de los objetivos del programa, de los recursos disponibles y de los métodos de medición adecuados para el cumplimiento del objetivo y el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Así mismo, debe disponerse la protección de los equipos, el suministro de gases de calibración y la ubicación de los estantes para los mismos

- **Sistema de recolección de datos**

Los datos generados en los monitores de gases y partículas deben ser almacenados continuamente. Existen diversos sistemas y software comerciales que permiten centralizar, en una unidad electrónica en el interior de la estación (computador o datalogger), los datos generados en los diferentes equipos. Se recomienda elegir un sistema que permita almacenar además de los datos, parámetros de funcionamiento de los equipos y valores de calibraciones para las posteriores correcciones y validaciones de datos.

- **Equipos de medición de variables meteorológicas**

Para apoyar las mediciones de calidad de aire es recomendable incluir una estación meteorológica simple para ayudar en la interpretación y predicción de la dispersión de contaminantes. La estación meteorológica, debería constar con instrumentos de medición de:

Velocidad y dirección del viento

Humedad relativa

Temperatura

Precipitación

- **Determinación del número de sitios de medición**

El número y distribución de estaciones de monitoreo depende, además del objetivo central del monitoreo y de los factores antes mencionados, del área a ser cubierta, de la variabilidad espacial de los contaminantes y del uso final de los datos requeridos, de la disponibilidad de recursos y de la factibilidad del despliegue de instrumentos. Los criterios a ser considerados para la determinación del número de sitios de medición son los siguientes:

La cantidad de población que habita en el área que se pretende monitorear. La problemática existente en el área que se define en base al tipo de zonas que conforma esa área y los resultados obtenidos de los factores y consideraciones para elegir localizaciones de zonas de muestreo. Por ejemplo, los equipos para medición de ozono se ubicarán en estaciones de monitoreo en zonas alejadas de la influencia de las mayores fuentes de NO_x, durante los periodos de actividad fotoquímica.

- **Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles**

En función de la población la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un criterio para establecer un número promedio de estaciones de muestreo de calidad de aire que dependen del parámetro que se pretenda medir. También existen criterios que recomiendan un número de estaciones basándose no sólo en la cantidad de población de una zona, sino en la concentración del contaminante a medir.

En este contexto, se recomienda un mayor número de estaciones en aquellas zonas que presentan mayor densidad de población con altas concentraciones de contaminantes, que excedan los valores límite.

Cabe señalar que las recomendaciones para el número mínimo de estaciones de la OMS son técnicamente importantes pero finalmente el número de estaciones a implementarse dependerá de las limitaciones presupuestarias con las que se operarán las redes de monitoreo. Por ello se recomienda utilizar estaciones temporales o unidades móviles para poder establecer el número de estaciones económicamente viable y que garantice la representatividad del área en estudio

CAPÍTULO III

PLANEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de la Investigación.

El estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación correlacional por que usa conocimientos en la práctica, para aplicarlos para diversos usos.

3.1.2. Nivel de la Investigación.

El nivel del estudio es descriptivo por la razón que se utilizaran conocimientos científicos, a fin de aplicarlos en la descripción de la ocurrencia de fenómenos que ocurren en el ambiente

3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.

El método utilizado en la investigación es observacional. Por lo tanto las variables pueden ser evaluadas de manera cuantitativa o cualitativa según corresponda.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Diseño de la investigación es experimental puesto que se utilizaran datos generados mediante la práctica del muestreo utilizando la metodología y criterios para la evaluación de la calidad del Aire que sigue lo señalado en el apéndice 4.4 del Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de Datos por la DIGESA mediante R.D. N° 1404-2005-DIGESA-SA, como normativa aplicable a nivel nacional. Los parámetros evaluados son los establecidos en el mencionado

protocolo, considerado como Parámetros Básicos que deben determinarse para el presente trabajo de investigación.

- **Determinación del Material Particulado**

El material particulado en suspensión (PM) como un contaminante del aire incluye una amplia clase de sustancias líquidas o sólidas con una variedad de propiedades físicas y químicas. Una característica importante es su tamaño, dado que partículas grandes no son colectadas por el sistema respiratorio del ser humano por lo que no son consideradas dañinas a la salud. Las partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 μm , usualmente mencionada como PM10, pueden penetrar las vías respiratorias y llegar a los pulmones, depositándose en las paredes alveolares.

El principal daño a la salud del material particulado es por su deposición en el sistema respiratorio. Las partículas más grandes de modo tamaño grueso generalmente forman la mayoría de la masa e incluye partículas formadas por procesos antropogénicos y partículas de superficie. Las partículas finas resultan principalmente de procesos de combustión, incluyendo la condensación y transformación atmosférica de gases de escape para formar PM. Procesos mecánicos y erosión del viento producen partículas gruesas. Las partículas finas típicamente consisten de sulfatos, nitratos, carbonatos orgánicos, amonio y plomo, mientras que las partículas gruesas están constituidas típicamente de óxidos de silicio, hierro, aluminio, sal del mar, partículas de cubiertas de automotores, y partículas de plantas.

Las fuentes naturales de emisión de partículas son pulverización del mar, incendios, emanaciones biogenéticas, y volcanes. La mayoría de las emisiones producidas por el hombre son fugas

desde rutas o calles (pavimentadas o no), actividades de construcción, agricultura, actividades mineras e industrial. La mitad del material particulado urbano está formado por negro de grafito procedente de la combustión de carburantes fósiles, principalmente en automotores, sobre todo los que funcionan con motor Diesel. También contribuyen a su formación los calefactores domiciliarios, las centrales térmicas y las industrias que operan con fuel oil o carbón. Como mencionamos, las PM10 pueden penetrar las vías respiratorias y llegar a los pulmones. Actualmente la concentración de MP10 es empleada como indicador de calidad de aire ambiente, en reemplazo del material particulado en suspensión total que se empleaba anteriormente.

Las partículas con un diámetro inferior a 2.5 micrómetros PM 2.5, son un indicador que representa la cantidad de partículas suspendidas que no se emiten directamente al aire sino que se forman en la atmósfera como producto de reacciones químicas y procesos físicos; las partículas PM 2.5 pueden alcanzar la cavidad alveolar y, por tanto, provocar daño en la salud de la población.

Las muestras de partículas suspendidas en el aire son tomadas en general con muestreadores de alto volumen. El aire es aspirado por medio de una bomba eléctrica, pasando a través de un filtro (o una serie de filtros) ubicado dentro de una casilla para proteger el sistema de la lluvia, humedad y otras incidencias climáticas. El volumen de entrada de aire en el muestreador es de aproximadamente 1.12 m^3 por minuto. Las partículas son muestreadas en filtros de fibra de vidrio en general tomando el promedio durante 24 horas. La concentración de las partículas en suspensión es luego computada midiendo la masa (el peso) de partículas obtenidas por el muestreador y expresadas en unidades de $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- **Metales Pesados (Pb)**

La peligrosidad de los metales pesados reside en que no pueden ser degradados (ni química, ni biológicamente) y, además, tienden a bioacumularse y a biomagnificarse (que significa que se acumulan en los organismos vivos alcanzando concentraciones mayores que la que alcanzan en los alimentos o medioambiente, y que estas concentraciones aumentan a medida que ascendemos en la cadena trófica), provocando efectos tóxicos de muy diverso carácter.

La metodología analítica utilizada para la determinación de concentraciones de metales pesados en muestras tomadas en partículas suspendidas en el aire (filtro de alto volumen), es por plasma de acoplamiento inductivo (ICP) espectroscopia

3.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1. Hipótesis General

El almacenamiento y transporte de minerales son la fuente de contaminación por material Particulado - plomo en el Aire del Barrio Ciudadela Chalaca - Callao.

3.4.2. Hipótesis Específicas

- Las condiciones climatológicas influyen la concentración de la contaminación por material Particulado - plomo en el Aire del Barrio Ciudadela Chalaca - Callao.
- La contaminación del aire por partículas metálicas de Plomo afectan la salud de las personas.

3.5. VARIABLES

3.5.1. Variable Independiente

A. Descripción

El almacenamiento y transporte de mineral polimetálico

B. Indicadores

- Forma de almacenado del mineral.
- Tipo de material polimetálico.
- Condiciones Meteorológicas.

3.5.2. Variable Dependiente

A. Descripción

Contaminación del Aire por material particulado Plomo en el Barrio Ciudadela Chalaca.

B. Indicadores

- a) Concentración de PM 10 en el Aire
- b) Concentración de PM 2.5 en el Aire
- c) Concentración de plomo en el Aire

3.5.3. Operacionalización de hipótesis, variables e indicadores.

Se operacionalizará cada una de las variables que intervienen en la hipótesis de la investigación, así como, sus indicadores a fin de lograr demostrar las hipótesis específicas planteadas.

Tabla N° 3: Operacionalización de variables e indicadores

VAIRABLE	INDICADOR	INDEPENDIENTE
El almacenamiento y transporte de mineral polimetálico.	Forma de almacenado del mineral.	X1
	Tipo de material polimetálico.	X2
	Condiciones meteorológicas	X3

VAIRABLE	INDICADOR	DEPENDIENTE
Contaminación del aire por material particulado plomo en el Barrio Ciudadela Chalaca.	Concentración de PM 10 en el aire.	Y1
	Concentración de PM 2.5 en el aire.	Y2
	Concentración de plomo en el aire.	Y3

3.6. COBERTURA DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

3.6.1. Universo

El universo que cubre el estudio de investigación es la Provincia constitucional del Callao.

3.6.2. Población

La unidad de análisis seleccionada para el presente estudio de investigación es la calidad del Aire del área donde se asienta el Barrio Ciudadela Chalaca en el Callao

3.6.3. Muestra

La muestra tomada para el trabajo de campo estará compuesta por un conjunto de cuatro (04) puntos de muestreo de la calidad del Aire y (02) puntos de parámetros meteorológicos que se realizaron en el mes de septiembre de 2014 los cuales fueron ubicados de acuerdo a la predominancia del viento tomando como punto de inicio la zona colindante al área residencial del Barrio Ciudadela Chalaca con los depósitos de minerales de material polimetálico, con el objetivo de cubrir una fracción del total del área de estudio.

La siguiente tabla resume la cantidad de análisis que se realizaron para la caracterización de la calidad del Aire.

Tabla Nº 4: Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad del Aire.

Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM- WGS 84 ZONA 18L		Descripción
	Norte	Este	
P-01	8667302	0267311	Calle Guadalupe
P-02	8667488	0267304	La Galeta
P-03	8667471	0267206	Los pescadores
P-04	8667384	0267558	Av. Contralmirante Mora – Frente a Colegio María Reiche

Tabla Nº 5: Ubicación de Puntos de Monitoreo de Parámetros meteorológicos.

Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM- WGS 84 ZONA 18L		Descripción
	Norte	Este	
P-02	8667898	266868	La Galeta
P-04	8668392	266962	Av. Contralmirante Mora – Frente a Colegio María Reiche

3.7. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.7.1. Técnicas de la Investigación

Las técnicas empleadas en el presente trabajo de investigación para la obtención de datos fueron principalmente:

- Muestreo en campo
- Observación directa.
- Análisis Químicos.
- Interpretación de Resultados.

La primera refiere principalmente al monitoreo de las variables de estudio mediante la toma de muestra en campo y la observación de estas, debido a que por ser una investigación experimental se pretende determinar la influencia de una variable sobre otra. Los análisis químicos que se realizaron en esta investigación se describen brevemente a continuación:

a) Procedimiento de muestreo para determinación de material particulado menor a 10 micrómetros – PM 10.

El procedimiento de toma de muestra para la determinación de material particulado menores a 10 micrómetros – PM 10 está basado en la Norma Técnica NTP 900-030-2003 “Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM 10 en la atmosfera”, protocolo que indica el proceso a seguir para el muestreo de PM 10 en alto volumen.

Procedimiento:

Consideraciones preliminares para la colocación del Equipo.

- El equipo de muestreo debe fijarse en lugares de libre circulación de aire y estar al menos 20 metros alejados de árboles edificios u otros obstáculos grande, una regla general de ubicación es que el equipo muestreador debe ser ubicado por lo menos dos veces de la altura del obstáculo.
- No instale el equipo cerca de tubos de escape, ductos de ventilación, aire acondicionado, grupos electrógenos, entre otros, pues sus emisiones podrían afectar directamente la muestra.
- Asegure una tensión eléctrica de 220V (50/60 Hz) y una potencia mínima de 2500 Watts (de usarse generador eléctrico). En caso se empleen más equipos de monitoreo reconsidere la potencia mínima del generador eléctrico.
- Asegúrese el suministro ininterrumpido de energía eléctrica por el tiempo que dure el muestreo. Las interrupciones de energía conducen a errores de medición y pueden invalidar el muestreo.
- No toque el filtro con las manos ya que podría contaminarlo, use guantes de látex cuando este sea manipulado.
- Revise el estado de los carbones del motor, considerando el tiempo en que han sido utilizados.
- En caso de usarse más de un equipo PM 10 en un mismo punto de muestreo y al mismo tiempo considerar que el cabezal del equipo de muestreo debe encontrarse por lo menos a 2 metros de distancia de otro cabezal.
- El equipo de muestreo no debe tener restricción en flujo de aire.

Cargado de Porta Filtro

- No tocar el filtro con las manos ya que podría contaminarlo, use guantes de látex cuando este sea manipulado.
- Cargue cuidadosamente el filtro en el cartucho del filtro. Inspeccionar la malla del Porta filtros por depósitos o material extraño. Limpiar si es necesario.
- El filtro se debe centrar en la rejilla de modo que la empaquetadura forma un sello hermético en el borde externo cuando el porta filtro este en su lugar. Los filtros mal alineados mostraran desigualdad en los bordes blancos después de la exposición.
- El filtro debe colocarse por la parte rugosa hacia arriba (que es donde se depositara el material particulado). Ajuste el portafiltro con los pernos y tuercas, asegurando sus esquinas simultáneamente y en forma diagonal hasta fijarlo correctamente. Retire la tapa del portafiltro y cierre la cubierta del cabezal, asegurándolo con los ganchos externos.
- El cartucho del porta filtro no debe estar excesivamente apretado, pues el filtro puede pegarse a él o la empaquetadura puede dañarse de manera permanente. Compruebe que la empaquetadura se encuentre en buenas condiciones y no se haya deteriorado.

Funcionamiento del Muestreador PM 10 de alto volumen

- Anotar la ubicación de la estación de muestreo y sus coordenadas empleando para ello el GPS.
- Delimitar el área de trabajo con cintas de seguridad o conos.
- Realizar las conexiones eléctricas utilizando las herramientas apropiadas.

- Instalar el generador eléctrico o sotavento de la estación de muestreo y lo suficientemente lejos de ella, para evitar que las emisiones del mismo no interfieran con el resultado del monitoreo.
- Abra la puerta del cuerpo central y la puerta de la grabadora de flujo, colocar la carta de registro de flujo levantando el brazo del lápiz y poniendo la carta en el centro del orificio, registrar el código de equipo, fecha y el periodo de muestreo.
- Colocar la carta de flujo en el punto de inicio, esta controla el flujo de muestreo y rotara en dirección de las manijas del reloj cuando se inicia el muestreo.

Programar el equipo utilizando el temporizador / programador

- Anotar en el sobre manila el código de la estación, la fecha y la hora de inicio.
- Después de minutos de iniciado el muestreo mida la diferencia de presión con el manómetro diferencial. Debe de hacerse lo mismo minutos antes de culminar el muestreo.
- Anotar todo esto en el sobre manila del filtro.

Registro de datos de campo.

- Nombre de la estación de muestreo.
- Lugar de ubicación.
- Coordenadas.
- Presión barométrica promedio.
- Altitud.
- Fecha de muestreo.
- Personal de muestreo.
- Temperatura ambiental promedio.

- Diferencial promedio de presión.
- Tiempo de muestreo.

b) Determinación de material particulado menos a 10 micrómetros PM 10

El material particulado del ambiente es colectado en un filtro de microfibra de cuarzo, este filtro es equilibrado antes del primer pesado desecándose por un periodo de 24 horas se pesa y se registra como 1º peso (Wi), se procede al muestreo de la calidad de aire y luego el filtro con material particulado ingresa a un desecado por 24 horas luego del cual se procede a realizar un segundo peso (Wf) la diferencia de pesos determina la masa de material particulado colectado durante todo el periodo de muestreo. Esta masa da como resultado la concentración de material particulado por metro cubico de aire.

$$\text{Conc. Pm} - 10 \text{ (ug/m}^3\text{)} = \frac{Wf(g) - Wi(g)}{\text{Vol (m}^3\text{)}} \times 10^6$$

c) Análisis de plomo en filtros de microfibra de cuarzo (filtros de calidad de aire)

La metodología analítica utilizada para la determinación de concentraciones de metales pesados en muestras tomadas en partículas suspendidas en el aire (filtro de alto volumen), es por plasma de acoplamiento inductivo (ICP) espectroscopia y el procedimiento de extracción se lleva a cabo por el método compendio inorgánicos según EPA IO-34.

Procedimiento:

Este procedimiento analítico se utiliza para determinar metales y algunos no metales en solución. Este método es un consolidado de los métodos existentes para determinar el plomo en aire y otros 31 elementos.

Para cada análisis solamente se necesitan un octavo del total del filtro de microfibra de cuarzo que contiene el material particulado y colectado en el muestreo que es digerida en 20 ml de solución ácida acondicionada a pH menor a 2, luego la muestra es analizada directamente por el equipo.

3.7.2. Instrumentos de la Investigación

Los instrumentos que se describen a continuación permitieron obtener la información para el presente trabajo de investigación, estos fueron:

1. Muestreador alto volumen de material particulado menor a 10 micrómetros HI – vol. PM-10
2. Filtros de microfibra de cuarzo.
3. Balanza analítica.
4. Desecador.
5. Estufa con rango de trabajo de 100 °C a 200 °C.
6. Equipo ICP.

Además se emplearon las siguientes herramientas documentarias:

- Check list del procedimiento.
- Reporte de datos de campo.
- Reporte de los análisis de concentración de plomo en las muestras de calidad de aire.

- Reporte de las condiciones meteorológicas de las zonas de estudio.

3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos.

Las fuentes de recolección de datos fueron de dos tipos:

- a) **Fuentes Primarias:** Información que se obtuvo por medio de la observación directa y de recopilación de datos de campo que son recolectadas de los resultados obtenidos de las diferentes evaluaciones que se ejecutaron aplicando el procedimiento de muestreo.
- b) **Fuentes Secundarias:** Todas aquellas referencias bibliográficas que permitieron complementar la información primaria o experimental, con la finalidad de poder interpretar los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo de la calidad de aire en cuanto a Material Particulado menores a 10 Micras, Menores a 2.5 Micras y Plomo además de los parámetros meteorológicos que fueron establecidos en el diseño de la investigación se presentan a continuación:

Los puntos de monitoreo de calidad de aire se ubicaron según las siguientes tablas:

Tabla N° 6
Ubicación de puntos de monitoreo de calidad de aire

<i>Puntos de Monitoreo</i>	<i>Coordenadas UTM- WGS 84 ZONA 18 L</i>		<i>Descripción</i>
	<i>N(y)</i>	<i>E(x)</i>	
P-01	8667926	0267140	Calle Guadalupe
P-02	8667898	0266868	La Galeta
P-03	8668230	0267182	Los Pescadores
P-04	8668262	0267094	Av. Contralmirante Mora – Frente a Colegio María Reiche

Tabla N° 7

Ubicación de puntos de monitoreo de parámetros meteorológicos

Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM- WGS 84 ZONA 18 L		Descripción
	N(y)	E(x)	
P-02	8667898	0266868	La Galeta
P-04	8668392	0266962	Av. Contralmirante Mora – Frente a Colegio María Reiche

4.1.1. Resultados Parciales.

a) Calidad de Aire.

Los resultados de los análisis se presentan en la tabla N° 5, los mismos que fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire, establecidos por las normas legales nacionales.

En los siguientes cuadros se puede observar los resultados de los análisis de calidad de aire y de los parámetros meteorológicos obtenidos en campo.

Tabla N° 8

Resultados de Monitoreo de Calidad del Aire

Punto de Monitoreo		P-01	P-02	P-03	P-04	Estándar de Calidad de Aire D.S. N° 074-2001-PCM
		18-19 sep-14	19-20 sep-14	18-19 sep-14	19-20 sep-14	
Análisis	Unidad	Resultados				
PM-10	ug/m ³	55	43	46	71	150
						Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM
PM-2.5	ug/m ³	26	23	20	34	25 ¹
						Decreto Supremo N° 069-2003-PCM
Pb	ug/m ³	0.0562	0.0558	0.0390	0.2236	0.5

Fuente: Datos experimentales obtenidos de los monitoreo del periodo Septiembre 2014.

b) Parámetros Meteorológicos.

Tabla N° 9

Resultados de los parámetros meteorológicos (P-01)

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)	Presión Atmosférica (hPa)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección predominante del viento (viene del)
18/09/2014	12:00 pm	19.4	75	1014.3	1.8	S
18/09/2014	12:30 pm	18.5	76	1013.0	1.8	S
18/09/2014	01:00 pm	18.9	74	1012.6	0.9	WSW
18/09/2014	01:30 pm	18.0	77	1012.4	1.8	W
18/09/2014	02:00 pm	17.3	81	1012.2	0.9	SW
18/09/2014	02:30 pm	17.8	80	1012.3	1.8	WSW
18/09/2014	03:00 pm	18.5	76	1011.9	1.8	W
18/09/2014	03:30 pm	17.9	78	1011.9	2.2	SSW
18/09/2014	04:00 pm	18.1	79	1011.8	0.9	S
18/09/2014	04:30 pm	17.8	78	1011.6	0.9	S
18/09/2014	05:00 pm	17.4	80	1011.9	0.4	WSW
18/09/2014	05:30 pm	17.3	81	1012.0	0.9	SW

¹ Valor vigente desde el 1 de enero del 2014 según D.S. N° 003-2008-MINAM

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)	Presión Atmosférica (hPa)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección predominante del viento (viene del)
18/09/2014	06:00 pm	16.9	83	1012.3	1.8	SSE
18/09/2014	06:30 pm	16.8	84	1012.7	0.9	S
18/09/2014	07:00 pm	16.7	84	1013.0	0.9	S
18/09/2014	07:30 pm	16.6	86	1013.0	0.4	SW
18/09/2014	08:00 pm	16.4	86	1013.2	0.9	SSE
18/09/2014	08:30 pm	16.3	86	1013.5	1.3	S
18/09/2014	09:00 pm	16.3	87	1013.5	0.4	S
18/09/2014	09:30 pm	16.2	87	1013.6	0.4	SSW
18/09/2014	10:00 pm	16.1	87	1013.6	1.3	SSW
18/09/2014	10:30 pm	16.1	88	1013.6	2.2	SW
18/09/2014	11:00 pm	16.0	88	1013.2	1.8	S
18/09/2014	11:30 pm	15.8	88	1013.0	2.2	SW
20/09/2014	12:00 am	15.8	87	1013.1	1.8	WSW
20/09/2014	12:30 am	15.7	87	1013.1	1.8	S
20/09/2014	01:00 am	15.7	88	1013.0	0.9	W
20/09/2014	01:30 am	15.7	88	1012.8	1.3	S
20/09/2014	02:00 am	15.7	88	1012.4	1.3	SSW
20/09/2014	02:30 am	15.7	89	1012.2	1.8	SSW
20/09/2014	03:00 am	15.7	89	1012.4	0.4	SSW
20/09/2014	03:30 am	15.3	90	1012.6	0.9	SW
20/09/2014	04:00 am	15.4	89	1012.6	0.9	SSE
20/09/2014	04:30 am	15.4	88	1012.6	0.4	SSE
20/09/2014	05:00 am	15.4	89	1013.0	0.9	SSW
20/09/2014	05:30 am	15.4	89	1013.4	0.9	S
20/09/2014	06:00 am	15.3	91	1013.6	0.9	S
20/09/2014	06:30 am	15.0	92	1014.2	1.8	SSE
20/09/2014	07:00 am	15.1	91	1014.4	1.8	SW
20/09/2014	07:30 am	15.3	91	1015.0	1.8	S
20/09/2014	08:00 am	15.2	92	1015.2	1.8	SSW
20/09/2014	08:30 am	15.9	91	1015.2	0.9	S
20/09/2014	09:00 am	15.8	88	1015.4	1.3	SW
20/09/2014	09:30 am	16.2	86	1015.2	0.4	SW
20/09/2014	10:00 am	16.8	81	1015.2	1.3	S
20/09/2014	10:30 am	17.3	80	1015.0	0.9	SSW
20/09/2014	11:00 am	17.9	78	1014.6	0.9	WSW
20/09/2014	11:30 am	18.5	77	1014.3	1.8	SW

Gráfico N° 6
Temperatura (P-01)

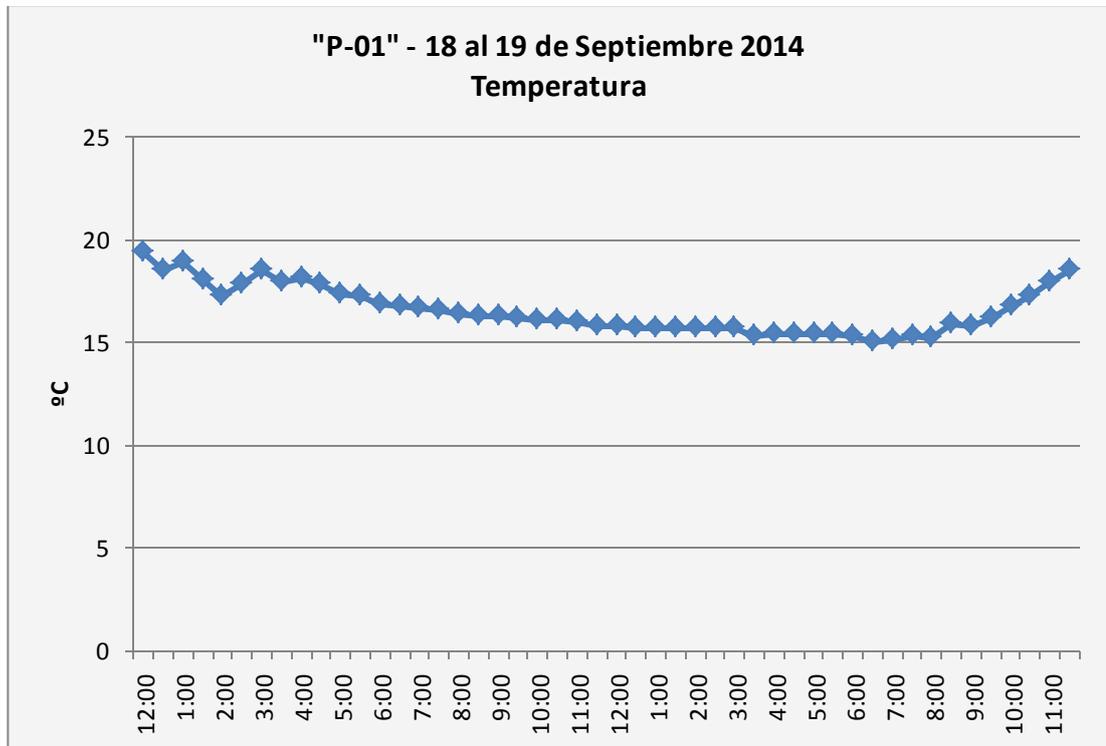


Gráfico N° 7
Humedad Relativa (P-01)

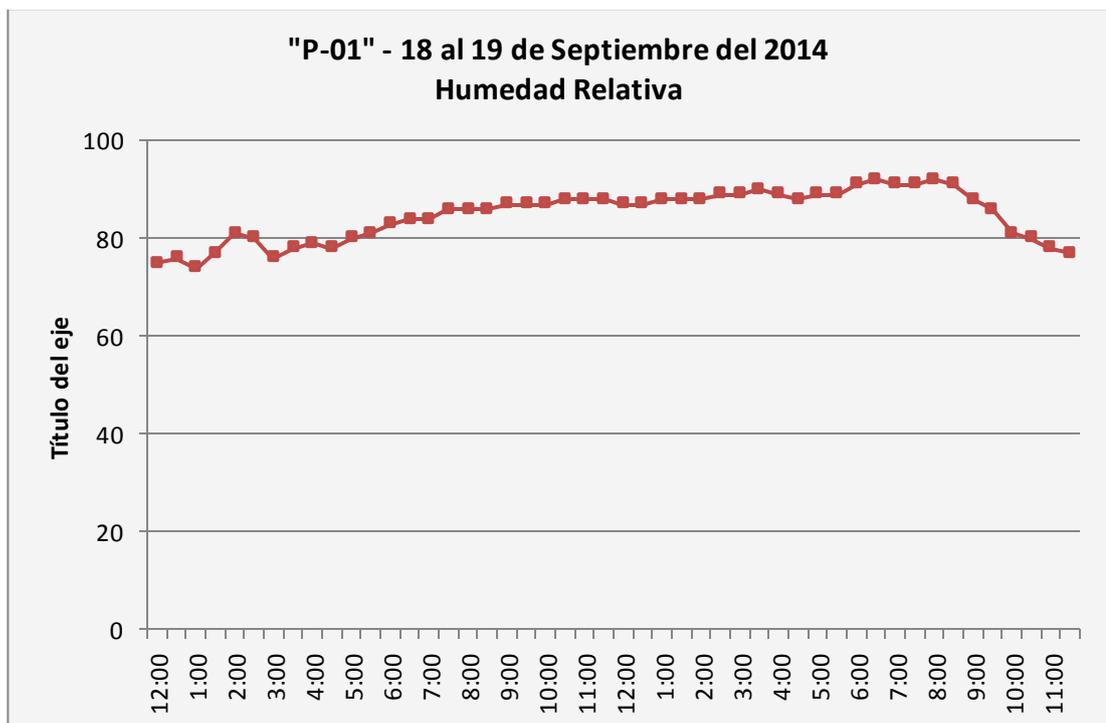
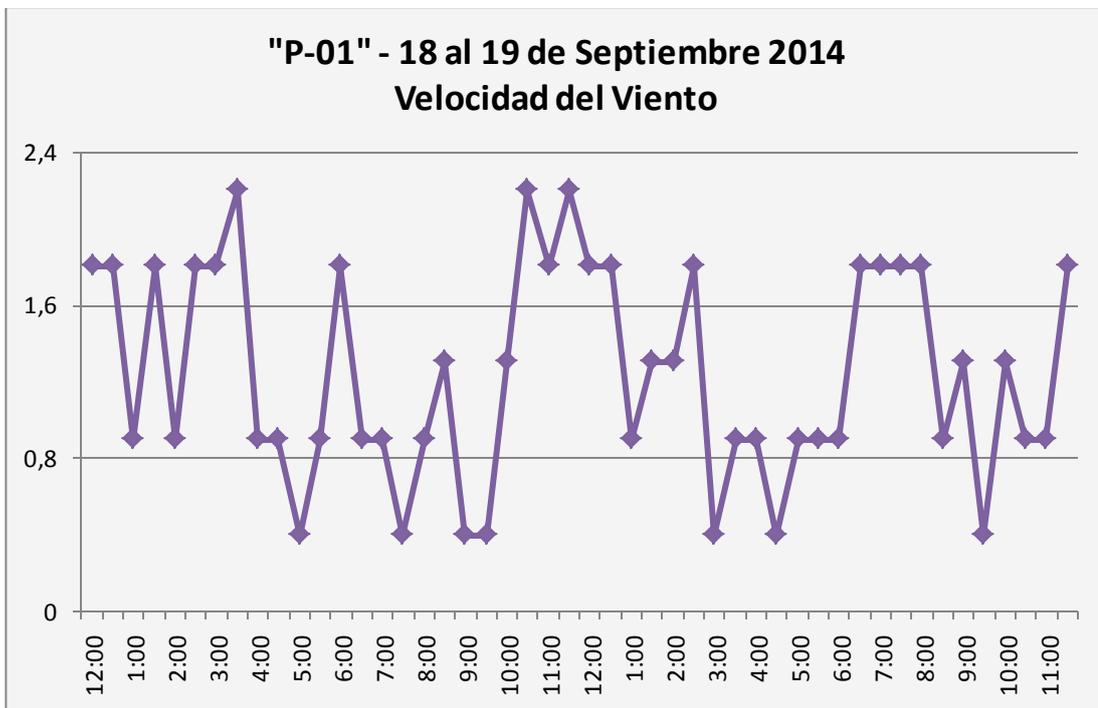


Gráfico N° 8
Velocidad del Viento (P-01)



Grafica N° 9
Presión Atmosférica (P-01)

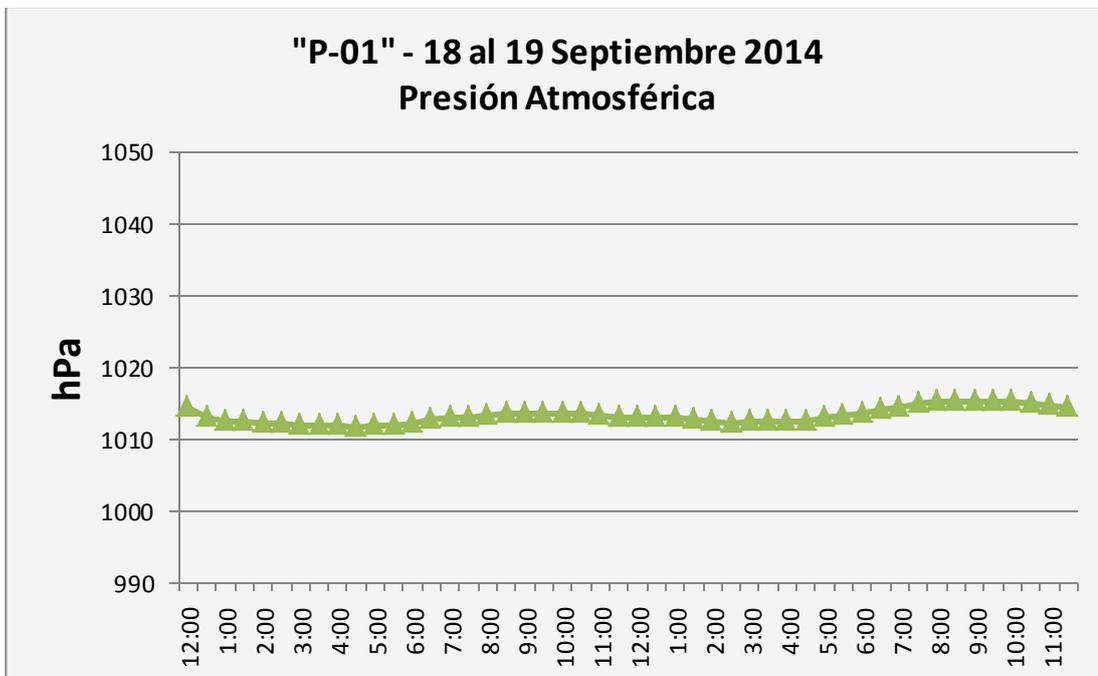


Tabla Nº 10
Resultados de los Parámetros Meteorológicos (P-02)

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)	Presión Atmosférica (hPa)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección predominante del viento (viene del)
19/09/2014	03:54 pm	17.9	82	1010.0	1.8	SSW
19/09/2014	04:24 pm	17.5	83	1010.0	1.8	SSW
19/09/2014	04:54 pm	17.4	86	1010.0	0.9	SSE
19/09/2014	05:24 pm	17.2	86	1011.0	1.8	SSW
19/09/2014	05:54 pm	16.9	86	1011.0	0.9	S
19/09/2014	06:24 pm	16.9	87	1011.0	1.8	S
19/09/2014	06:54 pm	16.9	88	1011.0	1.8	WSW
19/09/2014	07:24 pm	16.8	88	1012.0	2.2	W
19/09/2014	07:54 pm	16.8	88	1012.0	1.8	SSW
19/09/2014	08:24 pm	16.7	89	1012.0	1.8	SSW
19/09/2014	08:54 pm	16.7	89	1012.0	1.8	SSW
19/09/2014	09:24 pm	16.6	89	1013.0	1.8	ESE
19/09/2014	09:54 pm	16.5	89	1013.0	2.2	S
19/09/2014	10:24 pm	16.5	90	1013.0	1.8	SSE
19/09/2014	10:54 pm	16.4	90	1013.0	1.8	S
19/09/2014	11:24 pm	16.3	90	1013.0	1.8	S
19/09/2014	11:54 pm	16.2	90	1013.0	0.9	SE
20/09/2014	12:24 am	16.1	90	1010.7	1.8	S
20/09/2014	12:24 am	16.2	90	1010.7	1.8	SE
20/09/2014	01:24 am	16.1	88	1010.0	1.8	ESE
20/09/2014	01:54 am	16.0	91	1010.0	1.3	SSW
20/09/2014	02:24 am	16.0	91	1010.0	2.2	SW
20/09/2014	02:54 am	15.9	91	1010.0	1.8	SSW
20/09/2014	03:24 am	15.9	91	1010.0	2.2	S
20/09/2014	03:54 am	15.9	91	1010.0	1.8	E
20/09/2014	04:24 am	15.9	92	1010.0	1.8	S
20/09/2014	04:54 am	15.9	92	1010.0	2.2	S
20/09/2014	05:24 am	15.8	91	1010.0	1.8	SSW
20/09/2014	05:54 am	15.6	91	1010.0	1.8	SSW
20/09/2014	06:24 am	15.8	91	1010.0	0.9	SSW
20/09/2014	06:54 am	15.8	91	1010.0	2.2	SSW
20/09/2014	07:24 am	15.8	91	1010.0	1.8	SW
20/09/2014	07:54 am	15.9	89	1010.7	1.8	SSE
20/09/2014	08:24 am	16.1	88	1010.7	1.8	SSE

Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)	Presión Atmosférica (hPa)	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección predominante del viento (viene del)
20/09/2014	08:54 am	16.5	87	1010.7	1.8	SSW
20/09/2014	09:24 am	17.5	86	1010.7	0.9	S
20/09/2014	09:54 am	18.1	83	1010.7	0.9	S
20/09/2014	10:24 am	18.2	81	1010.7	1.8	SW
20/09/2014	10:54 am	18.5	80	1010.7	1.8	S
20/09/2014	11:24 am	18.8	81	1010.7	1.8	WSW
20/09/2014	11:54 am	18.9	81	1010.7	1.8	SW
20/09/2014	12:24 pm	19.1	79	1010.0	0.9	SW
20/09/2014	12:54 pm	19.2	78	1010.0	1.3	SW
20/09/2014	01:24 pm	19.2	78	1010.0	0.4	SSW
20/09/2014	01:54 pm	19.5	77	1010.0	1.3	S
20/09/2014	02:24 pm	19.6	76	1010.0	0.9	SSW
20/09/2014	02:54 pm	19.7	78	1010.0	0.9	WSW
20/09/2014	03:24pm	19.1	82	1010.0	1.8	SW

Gráfico N° 10
Temperatura (P-02)

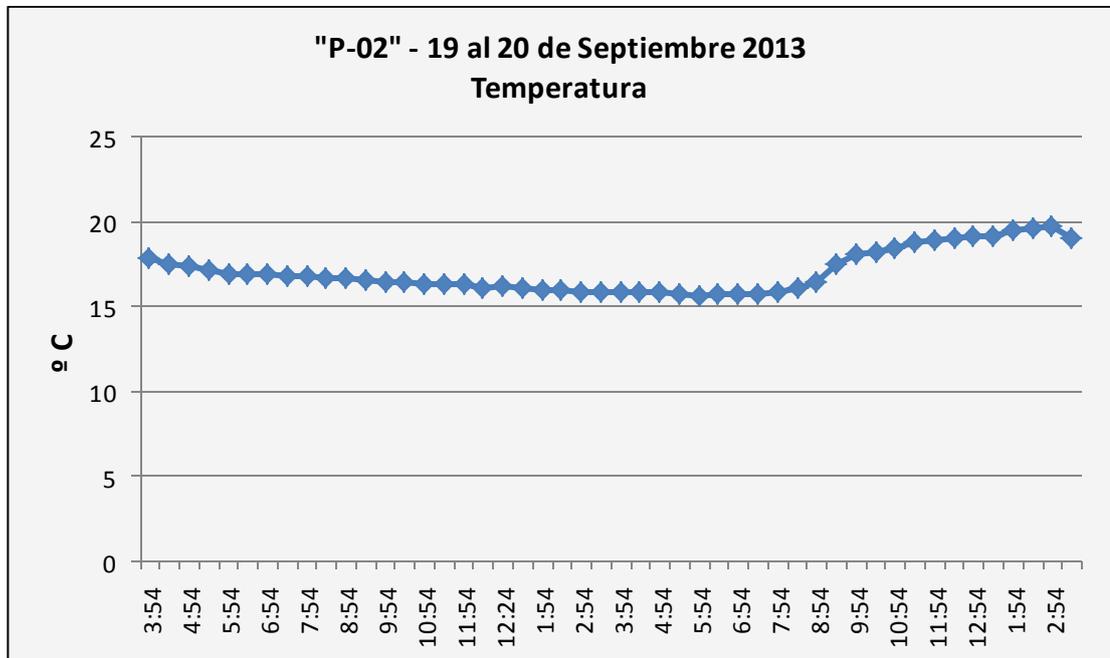


Gráfico Nº 11
Humedad Relativa (P-02)

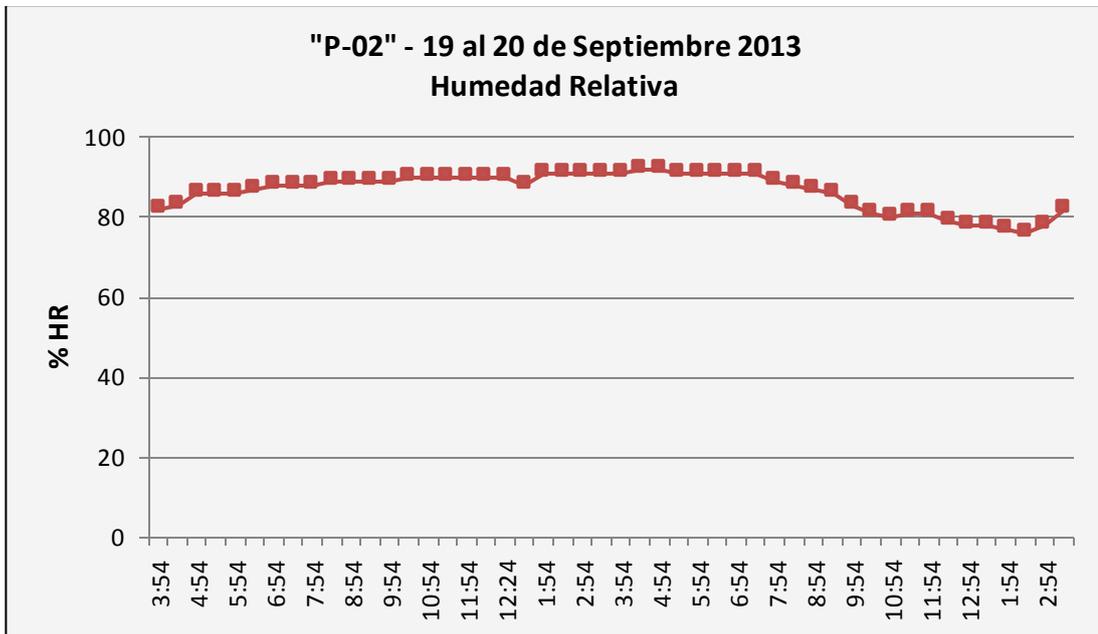


Gráfico Nº 12
Velocidad del Viento (P-02)

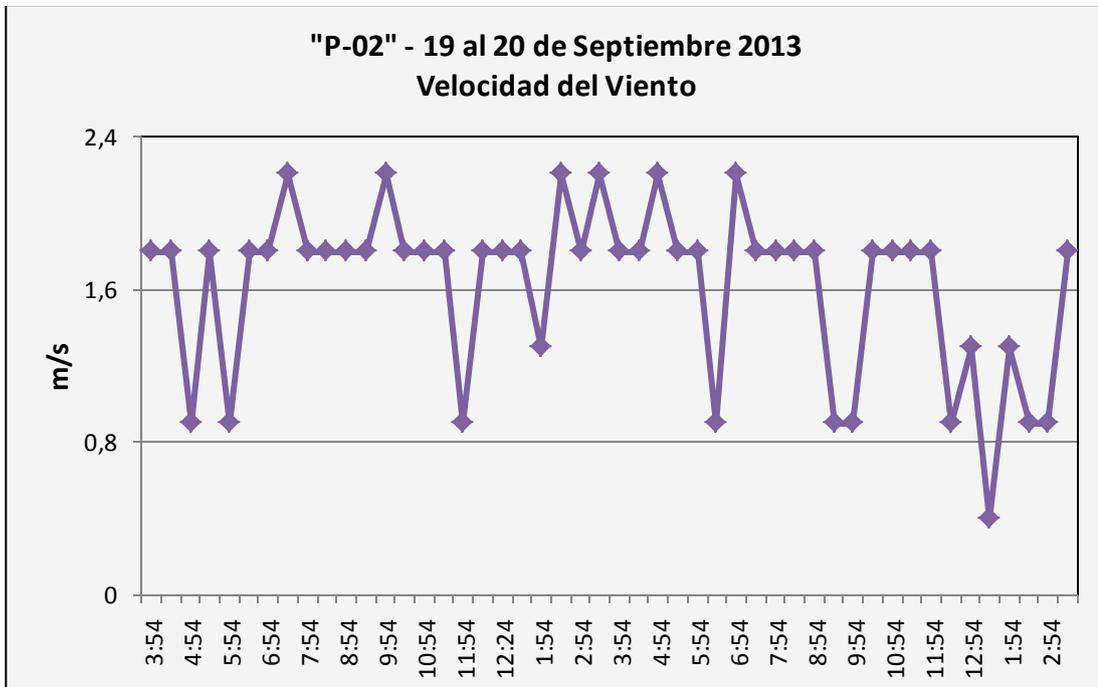


Gráfico N° 13
Presión Atmosférica (P-02)

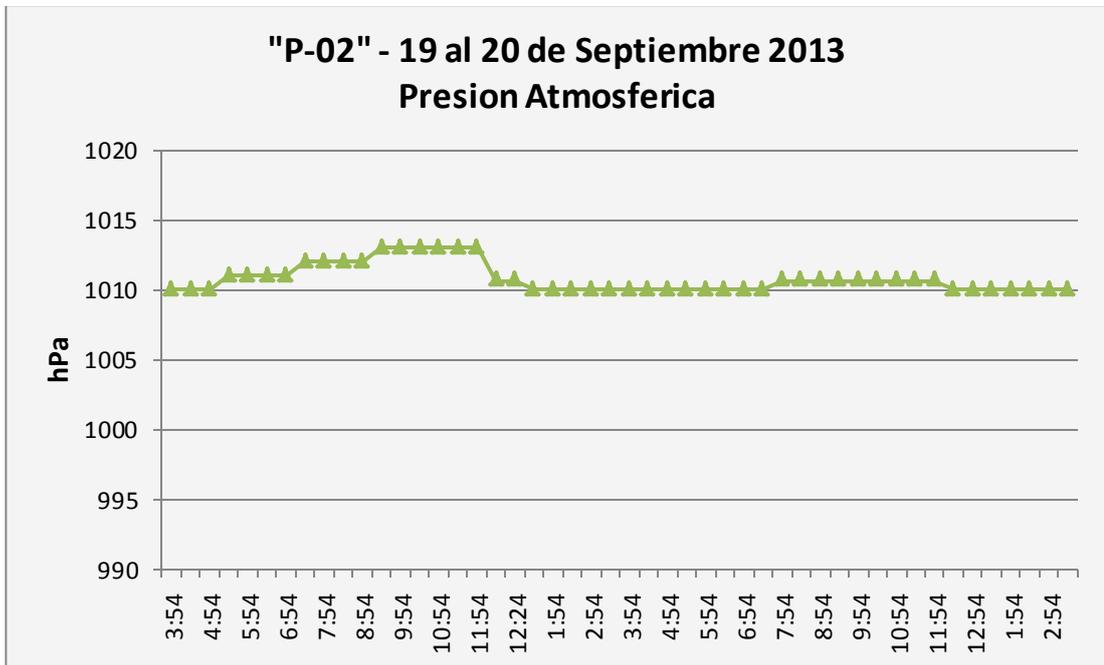
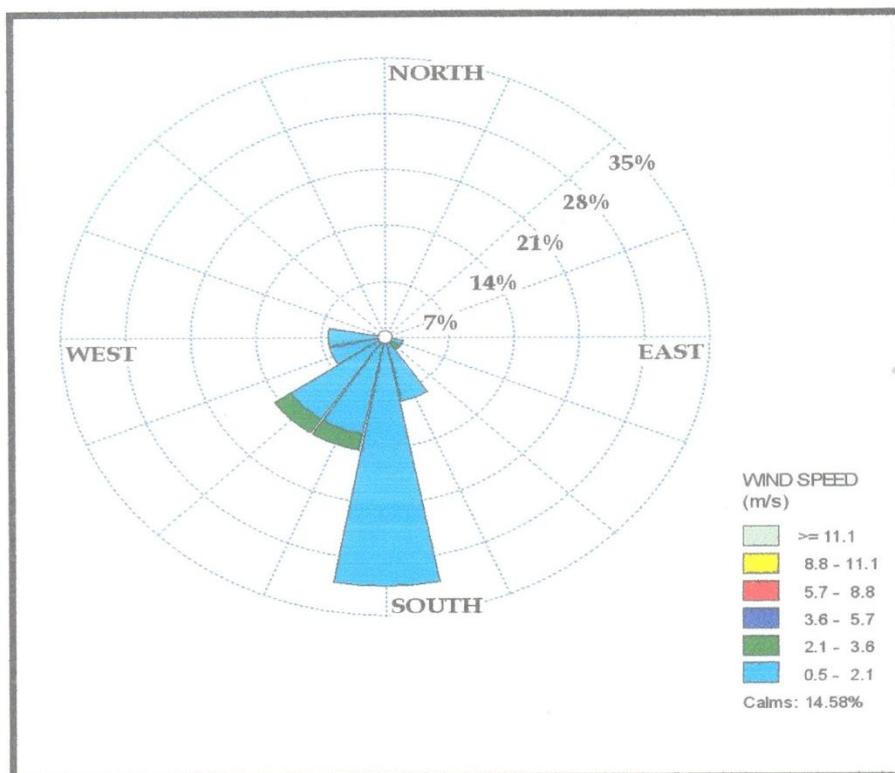


Gráfico N° 14
Rosa de Vientos P-01



Fuente: Grafico resultante del procesamiento de datos con el software WRPLOT

Gráfico N° 15
Distribución de frecuencia del viento P-01

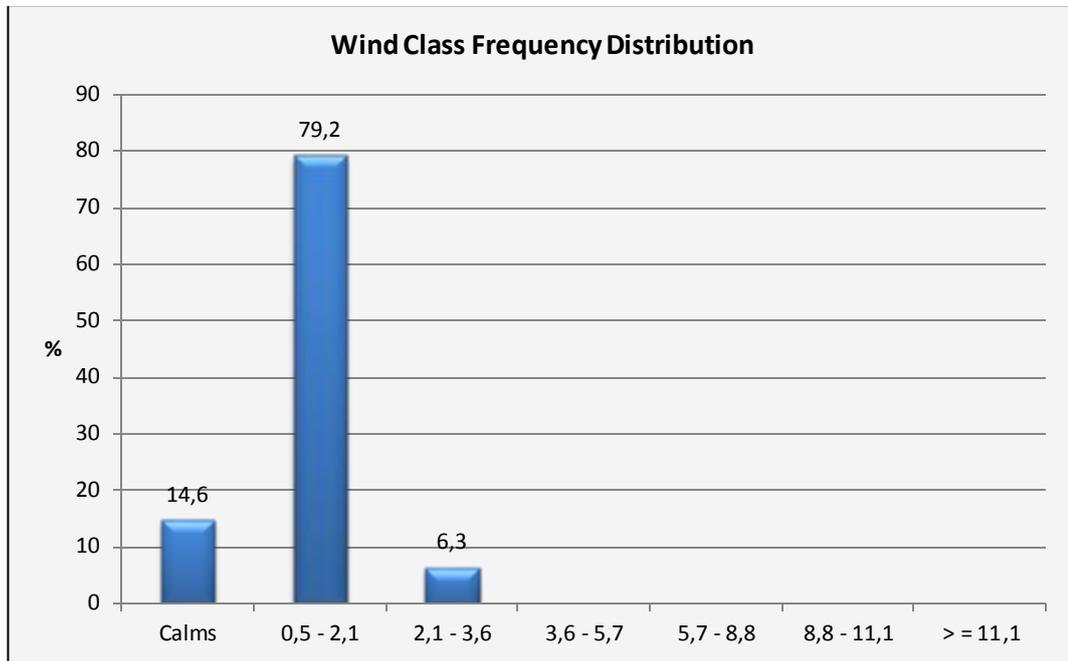
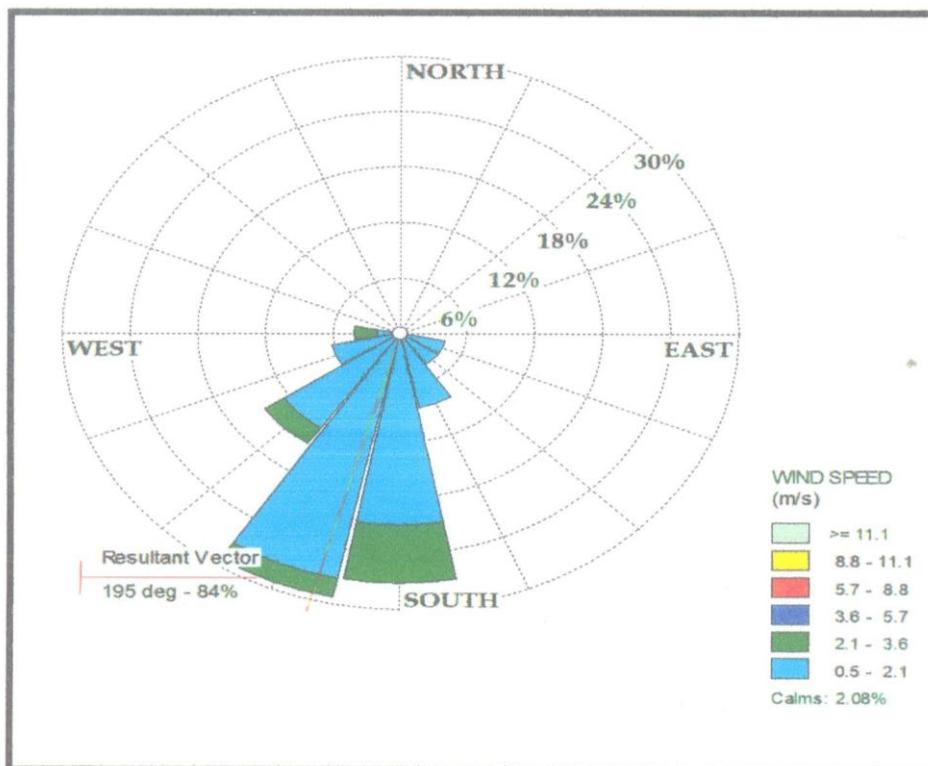


Gráfico N° 16
Rosa de Vientos P-02



Fuente: Grafico resultante del procesamiento de datos con el software WRPLOT

Gráfico N° 17

Distribución de Frecuencia del Viento P-02

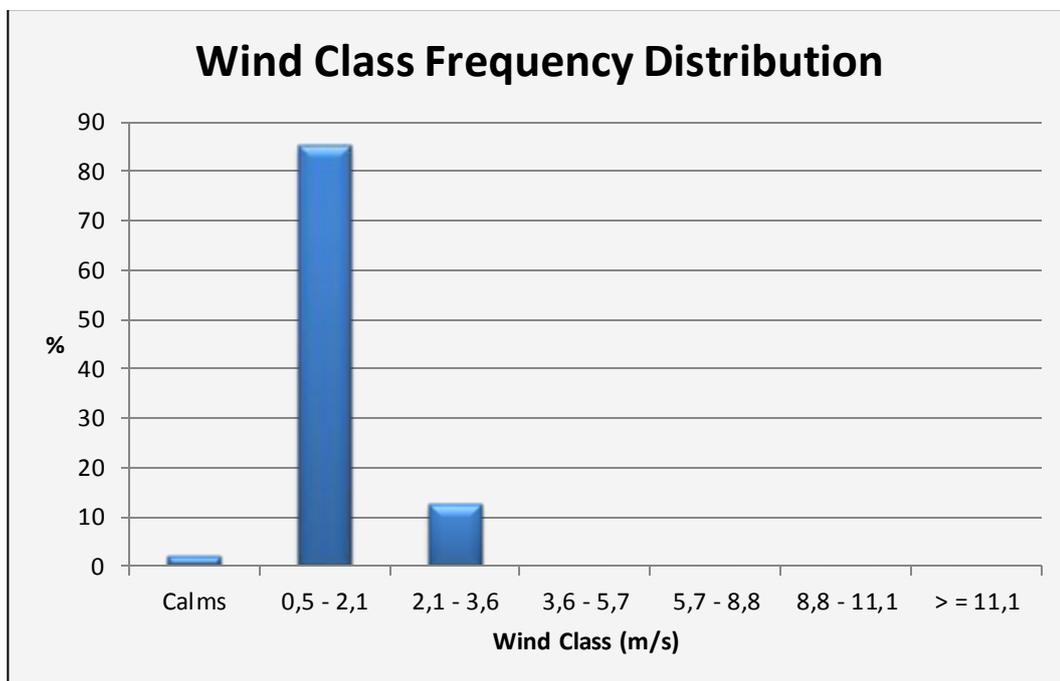


Tabla N° 11

Resumen de los parámetros meteorológicos

Parámetros Meteorológicos		Temp. (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Presión Atmosférica (hPa)	Dirección del viento predominante (viene del)
P-01 18-19 Sep. 2014	Mínimo	16	76	0.4	1010	S
	Máximo	20	92	2.2	1013	
	Promedio	17	87	1.6	1011	
P-01 18-19 Sep. 2014	Mínimo	15	74	0.4	1012	SSW
	Máximo	19	92	2.2	1015	
	Promedio	17	85	1.2	1013	

Fuente: Datos experimentales obtenidos de los monitoreo del periodo septiembre, 2014.

P-01: Calle Guadalupe

P-02: La Galeta

4.1.2. Resultados Generales

- **Resultados de concentración de material participado menor a 10 micras PM-10**

Las concentraciones detectadas de este parámetro, durante el monitoreo en P-01, P-02, P-03 y P-04, fueron de 55, 43 y 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, encontrándose por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, establecido según el D.S. N° 074-2001-PCM "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire".

- **Resultados de concentración de material participado menor a 2.5 micras PM-2.5**

Las concentraciones de PM – 2.5 obtenidas en el monitoreo de calidad de aire en P-01, P-02, P-03 y P-04, fueron de 26, 23 y 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, no superan el Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor vigente desde el 1 de enero del 2010 hasta el 30 de diciembre del 2013 según el D.S. N° 003-2008-MINAM que es una adición del D.S. N° 074-2001-PCM "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire".

Tomando en cuenta que este mismo estándar de calidad ambiental define que a partir del 1 de enero del 2014 el ECA de material particulado PM – 2.5 es 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entonces los resultados de los puntos de monitoreo P-01 y P-04 SI superan el Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire.

- **Resultados de concentración de plomo en material participado PM-10**

Los resultados de las concentraciones de plomo (pb) obtenidos en cada punto de monitoreo en P-01, P-02, P-03 y P-04, fueron de 0.0562, 0.0558, 0.0390 y 0.2236 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, estos valores se muestran inferiores al Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire como valor mensual (0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), establecido según el D.S. N° 069-2003-PCM “Valor Anual de Plomo”, esto es debido posiblemente que proviene de las descargas de minerales de las empresas cercas a la Av. Contralmirante Mora, las cuales son arrastrados por el viento lo cual indica que el CENTRO DE OPERACIÓN SIMA-CALLAO se encuentra dentro del área de influencia de las referidas empresas.

- **Parámetros Meteorológicos.**

Se puede observar que el Grafico 14 y el Grafico 16 de Rosa de Vientos, existe una variación predominante de vientos que vienen del S y SSW correspondiente a los puntos P-01 y P-02 respectivamente.

Estos datos obtenidos representan condiciones meteorológicas normales y estacionales de la zona.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados obtenidos admiten un rechazo de la hipótesis nula, lo que quiere decir que no existe influencia de los depósitos de mineral sobre la contaminación del aire con plomo.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos luego del monitoreo de campo y del análisis de laboratorio de los parámetros predeterminados en el presente estudio de investigación para determinar la calidad del aire de la zona del Barrio de Ciudadela Chalaca nos permiten determinar que no existe influencia significativa de los depósitos de minerales sobre la calidad del Aire a pesar que la fuente potencial de contaminación se encuentra operando en toda su capacidad.

Tomando en cuenta que la predominancia de los vientos provienen de Sur y Sur Oeste que puede contribuir al transporte de las partículas de Plomo provenientes de los almacenes para ser llevadas hacia el Barrio de Ciudadela Chalaca, se debe indicar que según la evaluación de concentración obtenida de material particulado Plomo nos permite asegurar que este factor no contribuye significativamente sobre la calidad del aire.

CONCLUSIONES

- La concentración de Partículas (PM-10 y PM-2.5) en los puntos evaluados, no superan a sus respectivos Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire, según el D.S. N° 074-2001-PCM y sus adiciones D.S. N° 003-2008-MINAM, “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire”. Las concentraciones de plomo (Pb) en los puntos de monitoreo, fueron inferiores a su respectivo Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Aire.
- El deterioro a la salud de la población expuesta del barrio de Ciudadela Chalaca es poco significativa, según la evaluación realizada se llega a la conclusión que la calidad del aire no supera el grado de concentración de los contaminantes determinados por el estándar de calidad ambiental , por lo tanto podemos afirmar que no existe repercusión directa sobre la salud.
- La presente evaluación nos permite confirmar que las medidas adoptadas para la mitigación de la contaminación del aire por material particulado plomo han sido afectivas por lo tanto se deben implementar en su totalidad los almacenes ecoeficientes para que el mineral no sea expuesto al aire libre.
- Los factores climáticos no influyen significativamente sobre la calidad del aire del Barrio de Ciudadela Chalaca puesto que los resultados obtenidos en el presente estudio de Investigación indican que no se supera los estándares ambientales a pesar que esta área se encuentra frente a los depósitos de minerales.
- Las medidas adoptadas para el transporte del mineral en unidades herméticas han disminuido significativamente el grado de contaminación de la calidad del aire por material particulado plomo, ya que en pocas anteriores sobre pasaban los estándares de calidad ambiental del aire por consecuencia la afectación a la salud de la población era mayor como lo sustentan por los estudios de plomo en sangre realizado por DIGESA en el año 2000 los cuales excedían los límites establecidos por OMS.

RECOMENDACIONES

- | Se propone implementar una red de monitoreo de la calidad del aire en las zonas colindantes a los almacenes de material polimetálico con participación del sector público y privado que nos permita tomar conocimiento de los niveles de contaminación por plomo en la zona.
- | Realizar estudios de la calidad de suelos en la zona que nos permita identificar la presencia de materiales polimetálicos en el lugar donde se asienta el Barrio Ciudadela Chalaca y que puede significar un impacto directo hacia la salud de la población más vulnerable.
- | Se conoce que existen evaluaciones constantes de la calidad del aire y de la salud de la población pero por resultados de estos son de difícil acceso por esto se recomienda que las instituciones públicas encargadas del tema ambiental en la Región Callao, publiquen constante y oportunamente los resultados de las evaluaciones.
- | Diseñar un sistema de difusión de información sobre las acciones relacionadas con el tema de la contaminación por plomo.
- | Mantener el procedimiento de transporte del mineral concentrado polimetálico que actualmente se maneja, utilizando más unidades de transporte con tolvas herméticas que asegure que el mineral no contamine el ambiente donde se asienta no solo la población del Barrio Ciudadela Chalaca sino las áreas de los barrios aledaños.
- | Implementar en su totalidad los almacenes ecoeficientes que actualmente utilizan las empresas que almacenan los minerales para que el material no sea expuesta al aire libre que pueda ser transportadas hacia poblaciones aledañas por efecto del viento.
- | Implementar un sistema de transporte encapsulado (minero ducto) desde la zona de almacenamiento temporal del mineral concentrado polimetálico hasta la zona de embarque del muelle del Callao, medida que significa una inversión económica considerable pero que asegura definitivamente que la población del Barrio Ciudadela Chalaca y zonas aledañas no sufrirán impactos a la salud por este tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CLEAN AIR INSTITUTE (2012), Iniciativa del aire limpio para América Latina, Bogotá – Colombia.
- DIGESA (2005) R.D. N° 1404-2005-DIGESA-SA, protocolo de monitoreo de la Calidad del aire y gestión de los datos. Dirección General de Salud Ambiental.
- DIGESA, USAID (2000), Estudio para determinar las fuentes de exposición al plomo en la Provincia Constitucional del Callao. Perú.
- HERNANDEZ AVILA, ESPINOZA LAIN, M. CARBAJAL (1999). Estudio de plomo en sangre en población seleccionada de Lima y el Callao (Junio 1998 – Marzo 1999) – Perú.
- INDECOPI. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM10 en la atmósfera. NTP 900.030. Lima, 2003.
- JAENICKE (1980). Los aerosoles atmosféricos y el clima global, EE.UU.
- MINEM (1996). Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM, Aprueban niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgica.
- MINEN (2007). Panorama de la minera en el Perú – Organismo Supervisor de la Inversión en Ingeniería y Minería.
- MINEM (2010). Anuario Minero <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2010/003.pdf>.
- OMS (2005). Directrices de calidad del aire de actualización mundial 2005. Reunión del grupo de trabajo, Bonn, Alemania, 18 al 20 octubre, 2005 www.euro.who.int/Document/E87950.pdf
- OMS (1977). Criterios de Salud Ambiental 3. Plomo. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.

- PRENDEZ, M. (1993). Características de los contaminantes atmosféricos. Universidad de Chile y comisión especial de descontaminación de la Región Metropolitana Santiago de Chile – Chile.
- PCM (2001). Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- PCM (2003). Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, Establecen valor anual de concentración de plomo.
- SA (2003). Decreto Supremo N° 009-2003-SA, Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminación del Aire.
- SAMET, J.M. (2000). La morbilidad Nacional, mortalidad y estudio de la contaminación del aire en los Estados Unidos. EEUU.
- SOLIS, L. (2003). Principios Básicos de la contaminación ambiental. Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- STOCKER, S. (1981). Contaminación Ambiental: Contaminación del aire y del agua. Barcelona, España.
- UNMSM (2000). Evaluación de plomo en la atmosfera de Lima Metropolitana y Callao, Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- VIVIENDA (2004). Primer plan integral de saneamiento atmosférico para Lima – Callao PISA L-C 2005-2010.
- US EPA, 1996^a (1996). Criterios de calidad del aire para material particulado. Agencia de Protección Ambiental, Oficina de Salud y Evaluación Ambiental, Carolina del Norte – EE.UU.
- US EPA (2004) Criterios de calidad del aire para material particulado, Agencia de Protección Ambiental, Oficina de Salud y Evaluación Ambiental, Carolina del Norte – EE.UU.
- WARNER, P (1981) Análisis de los contaminantes del aire. Paraninfo.

ANEXOS

ANEXO N° 1

ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE (Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cubico. NE significa no exceder)

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS ²
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10.000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30.000	NE más de 1 vez /año	
Dióxido de nitrógeno	Anual	1000	Promedio aritmético anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces / año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces / año	Fotometría UV (método automático)
Plomo	Anual ³			Método para PM10 (espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces / año	
Sulfuro de Hidrogeno	24 horas			Fluorescencia UV (método automático)

² Método equivalente aprobado.

³ A determinarse según lo establecido en el Artículo 5 del reglamento.

ANEXO N° 2
ESTABLECEN VALOR ANUAL DE CONCENTRACION DE PLOMO

DECRETO SUPREMO N° 069-2003-PCM

CONCORDANIA: R.M. N° 055-2005-PRODUCE EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM se aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, estableciéndose en el artículo 5 que los quince (15) meses de la aprobación del estándar nacional de calidad ambiental del aire sería establecido el valor anual para plomo, así como para el sulfuro de hidrogeno.

Que, la propuesta técnica para el valor anual del plomo contenida en la presente norma ha sido objeto de concertación entre el sector público y privado, lo que contribuye al cabal cumplimiento del estándar nacional de plomo contaminante, cuyos efectos en la salud se encuentran plenamente probados a nivel mundial:

Que, la aprobación del complemento de estándares nacionales de calidad ambiental de aire por la presente norma cumple con el plazo establecido por el Programa Anual 2002 para Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) y Límites Máximos Permisibles (LMPs) que fuera señalado para diciembre del año 2002;

Que, en la aplicación de la presente norma se deberá considerar el principio cautelar contenido en la Declaración de Río (1992), por medio del cual la falta de certeza científica absoluta no puede ser usada para detener acciones tendientes a contrarrestar efectos graves en el medio ambiente o salud de las personas;

Que, el objetivo de la presente norma es contribuir a disminuir el impacto de la contaminación por plomo;

Con la opinión favorable de la Comisión Ambiental Transectorial y de conformidad con el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM;

Con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros; DECRETA:

Artículo 1.- De la Adición al Anexo 1

Adiciónese el Anexo 1 del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM el valor anual de concentración de plomo, expresado en microgramos por metro cubico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), quedando el estándar para este contaminante en la forma siguiente:

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS
		VALOR	FORMATO	
Plomo	Anual	0,5	Promedio aritmético de los valores mensuales	Método para PM 10 (espectrofotometría de absorción atómica).

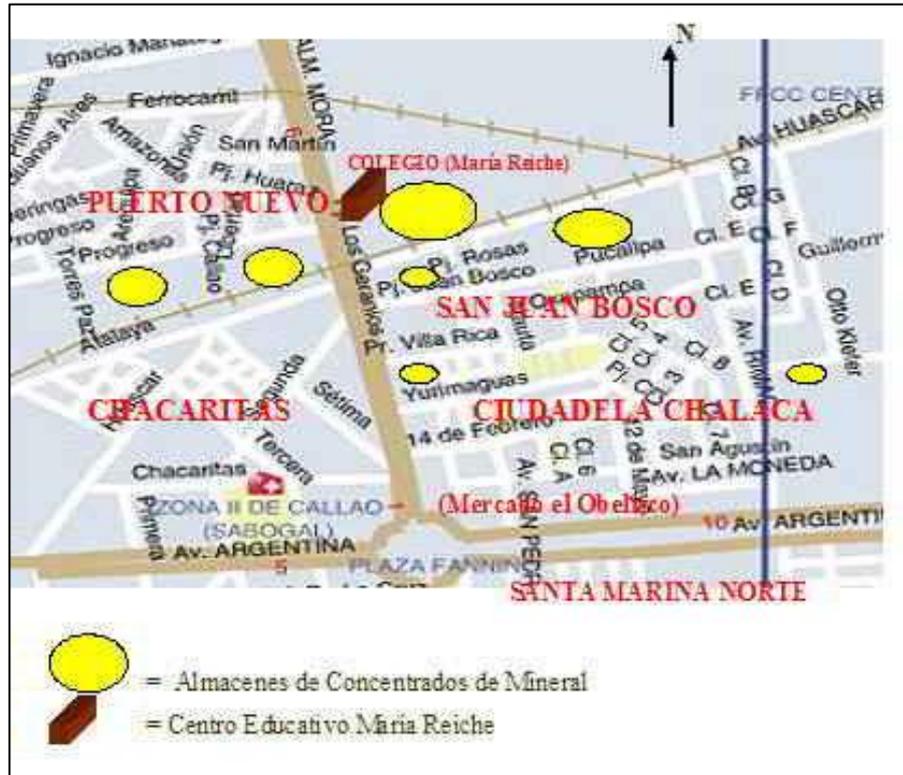
Artículo 2.- De la adición al Anexo 2

Adiciónese al anexo 2 del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM el valor de transito anual de concentración de plomo, expresado en microgramos por metro cubico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en la forma siguiente:

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS
		VALOR	FORMATO	
Plomo	Anual	1,0	Promedio aritmético de los valores mensuales	Método para PM 10 (espectrofotometría de absorción atómica).

ANEXO N° 3
PANEL FOTOGRAFICO

UBICACIÓN DE LOS ALMACENES DE MINERAL



ESTACIÓN DE CALIDAD DE AIRE

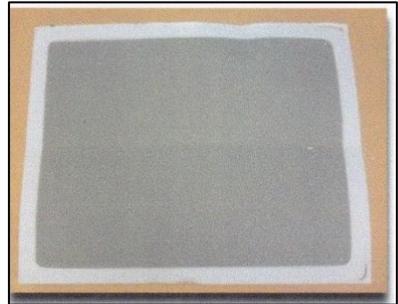


FILTROS CON MUESTRA

PUNTO 01



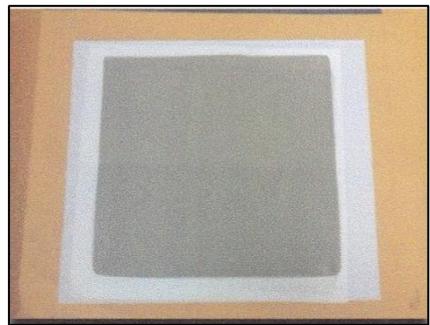
PUNTO 02



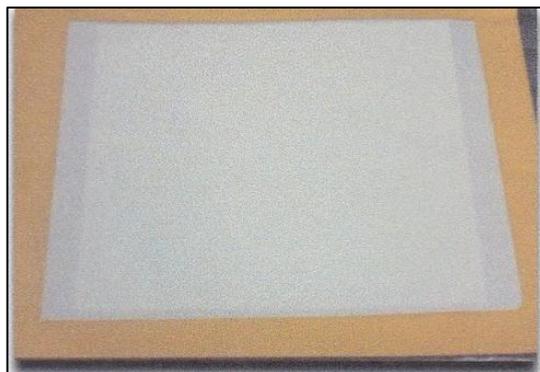
PUNTO 03



PUNTO 04



PUNTO BLANCO



DESECADOR DE FILTROS



BALANZA ANALITICA

