

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**T E S I S**

**Evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco 2018**

**Para optar el grado académico de Maestro en:**

**Gestión del Sistema Ambiental**

**Autor:**

**Bach. Teófanos SALAS ORIHUELA**

**Asesor:**

**Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**T E S I S**

**Evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco 2018**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Raúl Delfín CONDOR BEDOYA  
**PRESIDENTE**

---

Mg. Saturnino Eleuterio. FLORES COAGUILA  
**MIEMBRO**

---

Mg. Jonás Ananías RAMOS MARTINEZ  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

*Al bendito Dios de Abraham, el Dios de Isaac, el Dios de Jacob, el Dios de Israel.*

*A mis queridos padres María y Salomón.*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi amada esposa Olinda y queridos hijos, Inés María, Gerardo Salomón, Erick Crhristian.

A mi asesor, por sus consejos, dedicación, parte de su tiempo, en el asesoramiento para la elaboración de la presente tesis.

A mis docentes de Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de la Escuela de Postgrado, colegas de estudio, amigos, por sus orientaciones, motivaciones en la elaboración de este trabajo de investigación y a los distinguidos miembros del jurado por sus recomendaciones de mucho valor para mi estudio de investigación.

## RESUMEN

La investigación titulada “Evaluación del material particulado PM10 de Plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018”. Es de tipo aplicado, nivel predictivo, diseño, método de investigación científica, hipotético deductivo, diseño de enfoque cuantitativo, continuo, longitudinal de tendencia, no experimental, técnica de estudio la observación, instrumento el reporte de análisis de laboratorio, las muestras fueron: Puntos (Q-01 y CH-203) 20 y con 36 datos. Resultados: Evaluación, puntos (Q-01 y CH-203) fue 0.070 y 0.069  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  . No excedieron los valores de 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en periodo x 24 horas. (AAQC). Al culminar el año 2018, (Q-01 y CH-203), fue 0.034  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ambos puntos, No excedieron el valor del ECA para el aire de 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  anual . Decreto Supremo N°003-2017. Determinándose su: tendencia punto (Q-01) para 3 días: 0.03311, 0.0317 y 0.0321  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Punto: (CH-203), tendencia para 4 días: 0 ,032070, 0 01961, 0 0279 y 0 03115, concentraciones de (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por periodo de 24 horas lo corrobora la Normativa referencial (AAQC). No existiendo tendencias con valores que superan los 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para contaminantes de Plomo en material particulado menor a PM10 , tendencia ligeramente baja en ambos puntos,diciembre 2018.

El modelo ARIMA ayuda modelar diferentes escenarios que también son parte de la secuencia de simulación y soporte a la toma de decisiones.

Palabras Claves: Estándares calidad de aire, material particulado PM10 de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , modelo ARIMA, puntos de monitoreo, pronóstico de tendencia.

## ABSTRACT

The research entitled "Evaluation of Lead (Pb) PM10 particulate matter to determine its trend by applying the ARIMA model, monitoring points (Q-01 and CH-203), Simon Bolivar District, Pasco, 2018". It is of applied type, predictive level, design, scientific research method, hypothetical deductive, quantitative approach design, continuous, longitudinal trend, non-experimental, study technique observation, instrument the laboratory analysis report, the samples were: points (Q-01 and CH-203) 20 and with 36 data. Results: Evaluation, points (Q-01 and CH-203) was 0.070 and 0.069  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . They did not exceed the values of 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , in period x 24 hours (AAQC). At the end of 2018, (Q-01 and CH-203), it was 0.034  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Both points did not exceed the ECA value for air of 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per year. Supreme Decree N°003-2017. Determining its: trend point (Q-01) for 3 days: 0.03311, 0.0317 and 0.0321  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Point: (CH-203), trend for 4 days: 0.032070, 0.01961, 0.0279 and 0.03115, concentrations of (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , per 24-hour period, corroborating the reference standard (AAQC). There being no trends with values exceeding 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for Lead pollutants in particulate matter less than PM10 slightly low trend at both points, December 2018.

The ARIMA model helps to model different scenarios that are also part of the simulation sequence and support decision making.

Key words: Air quality standards, particulate matter PM10 lead (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ARIMA model, monitoring points, trend forecast.

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version).

## INTRODUCCION

La actividad minera con el método de explotación a tajo abierto en la ciudad de Cerro de Pasco, genera la dispersión del material particulado PM10 y PM2.5, alrededor de desmontera Excélsior cuyos afectados son los centros poblados como Quiulacocha y Champamarca, a razón de ello, se ejecuta el proyecto del plan de cierre de desmontera Excélsior, basado en la investigación de García Nieto et al. (2018) en donde refiere que "El material particulado atmosférico (PM) es uno de los contaminantes que puede tener un impacto negativo significativo en la salud humana" cuyos datos son recopiladas por instrumentos de la empresa siderúrgica Arcelor-Mittal, en la que se emplea cuatro modelos matemáticos diferentes, teniendo mayor precisión el modelo ARIMA.

La importancia del estudio es evaluar la concentración del plomo (Pb) en el material particulado menores a (PM10) con la finalidad de determinar la tendencia comportamental mensual, mediante el modelo autorregresivo ARIMA, con la data solicitada al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental de los puntos de monitoreo, (Q-01 y CH-203).

Por ende, la investigación se estructura en cuatro capítulos que contienen la siguiente información.

CAPITULO I: Problema de investigación, trasciende la identificación y determinación del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, objetivos, justificación y limitaciones de la investigación.

CAPITULO II: Marco teórico, el cual contiene antecedentes de estudio, antecedentes internacionales, latinoamericanos, nacionales, locales. Bases teóricas-científicas, definición de términos básicos, formulación de hipótesis e identificación

y operacionalización de las variables, definición operacional de variables e indicadores.

CAPITULO III: Metodología y técnicas de investigación el cual consideran el tipo de investigación, métodos, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamientos y análisis de datos, tratamiento estadístico, selección y validación de los instrumentos de investigación, orientación ética.

CAPITULO IV: Resultados y discusión el cual consideran, descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados, figuras, tablas, prueba de hipótesis, discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones. bibliografía, anexos.

## INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

INDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación. ....	7
1.3.	Formulación del problema.....	8
1.4.	Formulación de Objetivos .....	9
1.5.	Justificación de la investigación.....	9
1.5.1.	Justificación teórica. ....	9
1.5.2.	Justificación Práctica. ....	10
1.5.3.	Justificación Ambiental .....	10
1.5.4.	Justificación Social. ....	10
1.6.	Limitaciones de la investigación .....	10
1.6.1.	Temporal.....	11
1.6.2.	Espacial.....	11
1.6.3.	Recursos.....	11
1.6.4.	Alcances de la investigación.....	11

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio .....	12
2.1.1.	Antecedentes Internacionales. ....	12
2.1.2.	Antecedente Nacional .....	17
2.1.3.	Antecedente Local .....	18
2.2.	Bases Teóricas – científicas.....	19
2.2.1.	Material particulado de Plomo en PM10 . ....	20
2.2.2.	Modelo ARIMA.....	21
2.3.	Definición de términos básicos. ....	30
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	40
2.5.	Identificación de Variables.....	40
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores .....	41

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de Investigación .....	42
3.2.	Nivel de investigación. ....	42
3.3.	Métodos de investigación.....	42
3.4.	Diseño de investigación .....	43
3.5.	Población y muestra. ....	43
3.6.	Técnica e instrumentos recolección de datos. ....	45
3.7.	Selección validación y confiabilidad de los Instrumentos de Investigación. ....	46
3.7.1.	La selección. ....	46
3.7.2.	Validación del Instrumento de investigación.....	46
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	47
3.9.	Tratamiento Estadístico. ....	47
3.9.1.	Prueba de normalidad. ....	47

3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	50
-------	--	----

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	51
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	53
4.3.	Prueba de hipótesis .....	63
4.4.	Discusión de resultados .....	69

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa satelital de la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire.....	8
Figura 2. Esquema del equipo (HI-VOL),utilizado para el monitoreo PM10 de plomo (Pb).....	51
Figura 3.Punto de monitoreo de calidad de aire, evaluación de vigilancia ambiental Quiulacocha. (Q-01).....	58
Figura 4.Punto de monitoreo de calidad de aire, evaluación de vigilancia ambiental Champamarca (CH-203).....	58
Figura 5. Concentración de Plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en PM <sub>10</sub> ) Quiulacocha (Q-01).....	59
Figura 6.Modelo ARIMA del Q-01 Quiulacocha.....	62
Figura 7.Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en PM <sub>10</sub> ). Champamarca (CH-203).....	65
Figura 8. Modelo ARIMA del CH-203 Champamarca.....	68
Figura 5R. Concentración de Plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en PM <sub>10</sub> ) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Quiulacocha (Q-01).....	75
Figura 7R. Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras. (Pb en PM <sub>10</sub> ). $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .Champamarca (CH-203).....	77
Figura 9. Pronostico de la tendencia de regresión los tres (3) días siguientes en el punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01) modelo ARIMA.....	81
Figura 10.Tendencia para los tres (3) días siguientes del modelo lineal en el punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01).....	82
Figura 11.Tendencia para los 4 días siguientes del modelo no lineal (Q-01).....	83
Figura12.Pronóstico de la tendencia los 4 días siguientes (CH-203), modelo ARIMA.....	85

Figura 13.Tendencia para los 4 días siguientes del modelo lineal (CH-203).....86

Figura 14.Tendencia para los 4 días siguientes del modelo no lineal punto de monitoreo  
Champamarca (CH-203).....87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reporte mensual de conflictos sociales N.º 160 – junio 2017.....	7
Tabla 2. Reporte mensual de conflictos sociales N.º 176 – octubre 2018.....	7
Tabla 3.Referencia de coordenadas geográficas UTM WGS84 - Zona: 18, de los puntos de monitoreo de la calidad de aire(Q-01) y (CH-203), puntos a 4.3 Km y 1.5Km al punto inicial, centro de la plaza Carrión del Distrito de Chaupimarca.....	9
Tabla 4. Operacionalización de variables e indicadores.....	45
Tabla 5.Datos del registro de concentración de plomo en material particulados menor a 10 micras PM10 (Pb en PM10), data otorgada por el OEFA, puntos de monitoreo (Q-01) Y (CH-203).....	49
Tabla 6. Prueba de normalidad para los datos de Quiulacocha Q-01.....	54
tabla 7.Tabla Prueba de normalidad para los datos de Champamarca CH-203.....	54
Tabla 8.Reporte de datos del registro de concentración de plomo en material particulados menor a 10 micras (Pb en PM10), del punto de monitoreo (Q-01) Quiulacocha.....	60
Tabla 9.Parámetros del Modelo ARIMA, punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01), valúa el nivel de precisión del modelo.....	63
Tabla 10.Coeficiente de Ajuste, punto de monitoreo (Q-01) ,AIC - BIC.....	64
Talla 11.Reporte de datos del registro de concentración de plomo en material particulados menor a 10 micras PM10 (Pb en PM10), reporte de datos del punto de monitoreo (CH-203).....	66
Tabla 12.Parámetros del modelo ARIMA,punto de monitoreo (CH-203),valúa el nivel de precisión del modelo.....	69
Tabla 13.Coeficientes de ajuste punto de monitoreo (CH-203),AIC -BIC.....	70

Tabla 14. Datos para la validación de hipótesis para el punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01).....	72
Tabla 15. Validación de hipótesis, punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01).....	72
Tabla 16. Validación de hipótesis, punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01).....	73
Tabla 17. Datos para la validación de hipótesis para el punto de monitoreo Champamarca (CH-203).....	73
Tabla 18. Validación de hipótesis, punto de monitoreo Champamarca. (CH-203).....	74
Tabla 19. Validación de hipótesis, punto de monitoreo Champamarca (CH-203).....	74
Tabla 20. Datos para determinar el pronóstico, punto de monitoreo (Q-01).....	80
Tabla 21. Datos para determinar el pronóstico, punto de monitoreo (CH-203).....	84

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La Organización Mundial de la Salud (OMS), considera el aire limpio como un requisito para la salud, definió y estimó que en todo el mundo una de cada nueve muertes es el resultado de la contaminación del aire. (OMS, 2018).

También la Organización Mundial de la Salud OMS menciona que más del 90% de las muertes relacionadas con la contaminación del aire se producen en los países de Asia y África, seguidos por los países de ingresos bajos y medianos de la región del mediterráneo oriental, Europa y las Américas.<https://www.who.int/>

En América Latina y el Caribe por lo menos 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Lo estudios de (E. Sánchez, Ortiz, & Godínez, 2014). “Mencionan que los grupos más vulnerables a los efectos dañinos de una mala calidad del aire incluyen a niños, adultos mayores, personas con previos problemas de salud y población de bajos estratos socioeconómicos”.

“En el País de Chile mencionan que el material particulado MP<sub>10</sub> de plomo (Pb); Causa retraso en el aprendizaje y alteraciones de la conducta, agravan el asma, incrementan las enfermedades respiratorias y cardiovasculares”.

“En mujeres embarazadas expuestas pueden ocasionar disminución en el tamaño del feto, en el nacido la reducción de la función pulmonar, y esto se asocia directamente al aumento de la mortalidad en todos los grupos de la población”.

<https://repositorioambiental.mma.gob.cl>

En el Perú en su estudio; Tarazona, C. (2017). Menciona de los niveles de plomo en sangre y su influencia en el estado del periodonto de trabajadores en las empresas mineras de Cerro de Pasco – 2010.

Por otra parte, La Rotta & Torres (2017). Mencionan en su investigación que la actividad minera genera un porcentaje importante de emisiones de material particulado, dependiendo del método de explotación, pueden deteriorar la salud humana, primordialmente la función pulmonar, infecciones respiratorias y en casos extremos el cáncer pulmonar en las personas expuestas a niveles altos de material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>).

En la provincia y región Pasco, los trabajos extractivos de la industria minera polimetálica, posee más de 400 años de historia minera, y no es ajeno a la problemática de contaminación ambiental por la minería.

Según el informe final del decreto supremo D.S. N° 020-2017-SA. “Que declara en emergencia sanitaria por el plazo de noventa (90) días calendario los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar.”

En efecto dicho documento también menciona que es responsabilidad del estado reducir el impacto ambiental en la población, ante la existencia de riesgos elevados a la salud y la vida de los pobladores, mejorar las condiciones sanitarias

y la calidad, adoptar acciones destinadas a prevenir situaciones y hechos que conlleven a la configuración de éstas. <https://busquedas.elperuano.pe>

Dentro la mesa de diálogo entre los involucrados, se llegó a un acuerdo suscrito el 23.06.2017 con representantes del Poder Ejecutivo, poner en la ejecución el instrumento de gestión ambiental, plan de cierre del botadero Excélsior a fin de rehabilitar las áreas utilizadas o perturbadas por la actividad minera concluye un capítulo anhelado por los pasqueños, el cual fue una de sus prioridades. <https://www.amsac.pe>

En cumplimiento del “referido decreto supremo se recomendaba realizar dicha remediación, iniciando con la limpieza de las áreas contaminadas, remover y aislar los contaminantes. Regeneración: estabilizar físicamente el terreno, restaurar la capa superior del suelo y devolver el terreno a un propósito útil”.

Entre las diferentes causas que podrían estar originando este problema en la Comunidad Campesina Quiulacocha y al Asentamiento Humano de Champamarca se ha detectado los siguientes: El material particulado PM<sub>10</sub> de (Pb) que se encuentra en la zona de influencia del botadero o depósito de desmonte Excélsior del tajo abierto “Raúl Rojas” del Cerro de Pasco, que forma parte como uno de los componentes principales de la explotación de la minería a cielo abierto, desde el año 1 956 hasta el año 2 000 acumulo en el área aproximado de 69 hectáreas alrededor de cincuenta mil millones (50MM), de toneladas de desmontes mineros y el depósito de relaves o relavera de Quiulacocha componente principal de explotación de beneficio de la minería. <https://www.amsac.pe/logro-2018-en-pasco>

Entre las consecuencias o efectos, que están originando este problema, es el daño a los habitantes, la salud de las personas, especialmente; madres gestantes,

niños y personas mayores vulnerables, deterioro a la salud y calidad de vida, pérdidas económicas, como menciona “decreto supremo D.S. N° 020-2017-SA.” además se puede mencionarte “Los efectos comprobados de los metales pesados. “El plomo, entre sus primeros efectos está provocar retraso mental, trastornos del coeficiente intelectual. El plomo, interfiere en el desarrollo físico del cerebro.”, teniendo en conocimiento de la gravedad de la realidad “La presencia del proyecto plan de cierre de la desmontera Excélsior me motivo para desarrollar la investigación ya que su prioridad es dar un aporte a la declaración de emergencia ambiental en la ciudad de Cerro de Pasco, dicho informe final se encuentra en el D.S. N° 020-2017- SA.

Para esta investigación también se tenía que saber cuánto de personas se afectarían para ello se utilizaron datos del censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). La población censada en el distrito de Simón Bolívar fue de 12 663 habitantes de un total de 13 029 habitantes), que se distribuyen con el 50,78% hombres y el 49,22% de mujeres y se distingue por sus poblaciones de la zona urbana y rural.

**Champamarca** es un Asentamiento Humano de Cerro de Pasco, está ubicado aproximadamente a unos 1.4 kilómetros de la plaza Carrión del Distrito de Chaupimarca, provincia y departamento de Pasco. Construido a principios del siglo XX, comenzó como un barrio de obreros del ferrocarril de Cerro de Pasco, hoy ubicado literalmente al pie de los desmontes mineros Excélsior y a muy pocos metros del depósito de relaves, **Quiulacocha**; Ambos pertenecientes al distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.

La desmontera Excélsior presenta alturas que varían de 45 a 55 metros y pendientes de taludes entre 33° y 36°. Los desmontes están compuestos de

granulometría muy heterogénea, con poco material fino, con presencia de bloques de roca mayor de 2 metros, gravas, arenas y finos lino-arcillosos cementados por el contenido de minerales oxidados, correspondiente a la matriz de una estructura de material básicamente gruesa»

La Relavera Quiulacocha es parte de los pasivos ambientales de la mina Cerro de Pasco, cuya instalación es propiedad de la empresa Activos Mineros SAC., el depósito de relaves Quiulacocha contiene aproximadamente 70 millones de toneladas métricas de relaves y su cuenca ocupa un área de 13,7 km<sup>2</sup>.

Aguas de esta relavera son de carácter ácido con alto contenido de metales pesados, operó hasta el año 1993, a partir de dicha fecha inicio las operaciones el nuevo depósito de relaves Ocroyoc. Ego-Aguirre & Smuda(2013).

(Cooperación, 2017), también menciona; “Mientras no se solucione este tipo de casos, la minería seguirá siendo vista como una actividad contaminadora que vulnera un derecho fundamental: el derecho a la salud que todo ser humano espera que sea respetado y salvaguardado”.

Por otro lado, en su estudio. Morales Cuti (2013), menciona “Que las principales fuentes de contaminación en Cerro de Pasco, son elementos antropogénicos como la extracción de minerales.

” El estudio de la investigación ayudara para determinar la tendencia o predicción del material particulado de plomo (Pb) en los trabajos de la remediación ambiental en los procesos de la estabilización física, química e hidrológica del depósito, de esa manera controlar los efectos negativos que estos representan para la salud y el ecosistema.” <https://www.amsac.pe/2018>

Esta problemática no solo es ambiental es también un problema social, porque genera conflictos sociales, de tipo socio ambiental mayormente por el

deterioro de su salud y los ecosistemas del área involucrada, por tener el aire de la atmosfera contaminado.

Así como nos muestra en el reporte de la tabla N°1 y N°2.

### **Tabla 1**

*Reporte Mensual de Conflictos Sociales N.º 160 – junio 2017*

<b>PASCO</b>	<b>CONTAMINACIÓN EN SIMÓN BOLÍVAR</b>	<b>CASO ACTIVO</b>
Ubicación: Distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco, región Pasco.	Tipo: socio ambiental	Pobladores del distrito de Simón Bolívar demandan que se resuelvan los problemas de contaminación ambiental y afectación a la salud de las personas, así como el cumplimiento de la declaratoria de emergencia ambiental (DEA) del año 2012.

Nota. <http://www.defensoria.gob.pe>

### **Tabla 2**

*Reporte Mensual de Conflictos Sociales N.º 176 – octubre 2018*

<b>PASCO</b>	<b>CONTAMINACIÓN EN SIMÓN BOLÍVAR</b>	<b>CASO ACTIVO</b>
Ubicación: Distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco, región Pasco.	Tipo: socio ambiental	Padres y madres de niños(as) afectados por la contaminación con metales pesados, que son atendidos en la ciudad de Lima, demandan ser reubicados

Nota. <http://www.defensoria.gob.pe>

La tabla N°1 y N°2.

Instrumentos de contaminación, tipo socio ambiental, La defensoría del Pueblo detalla conflictos sociales ambientales a nivel nacional.

Por ello la presente investigación pretende encontrar soluciones al problema determinando su tendencia y su predicción del material particulado PM<sub>10</sub>

de plomo (Pb), con la aplicación del modelo matemático y estadístico ARIMA, de esa manera disminuir y prevenir el impacto negativo a los habitantes y ecosistemas del área de influencia directa e indirecta.

## **1.2. Delimitación de la investigación.**

La investigación se delimita en el estudio de la:

“Evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.”

### **Figura 1**

*Mapa satelital de la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire.*



*Nota.* Google Earth

**Tabla 3**

*Referencia de coordenadas geográficas UTM WGS84 - Zona: 18, de los puntos de monitoreo de la calidad de aire(Q-01) y (CH-203), puntos a 4.3 Km y 1.5Km al punto inicial, centro de la plaza Carrión del Distrito de Chaupimarca.*

Código	Este	Norte	Altitud	Ubicación punto de Monitoreo
Q-01	358752	8816524	4243	Av. Progreso N°113-Centro Cívico de la Municipalidad del centro poblado de Quiulacocha.
CH-203	361260	8818065	4295	Instalado en la plataforma del centro educativo Ex I.E. N° 34037 Champamarca

*Nota. AMSAC*

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿De qué manera la evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu g/m^3$  contribuirá para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a) ¿Qué resultados se obtendrá al determinar la evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu g/m^3$ , puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018?
- b) ¿Qué resultados se obtendrá al determinar la tendencia del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu g/m^3$ , aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la concentración del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.
- b) Determinar su tendencia del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

## **1.5. Justificación de la investigación.**

Las razones ¿Por qué?, realizo la siguiente investigación es poder dar un aporte utilizando un modelo estadístico autorregresivo ARIMA (de pronóstico), se beneficien al mitigar el impacto de alto riesgo ambiental a la salud humana y bienestar por contaminación del aire, por concentración de partículas del Plomo menores  $PM_{10}$ .

### **1.5.1. Justificación teórica.**

La investigación permite dar un aporte al teórico, al obtener la tendencia de las partículas atmosférica mediante el uso de la innovación tecnológica, utilizando la data de los registros históricos de la concentración de plomo en el material particulado menores  $PM_{10}$ .

### **1.5.2. Justificación Práctica.**

Contribuirá con un aporte a la sociedad civil, estado y empresa ya que los puntos de monitoreo cumplen un rol de evaluar con datos reales y utilizando las herramientas tecnológicas de predicción y se evitará impactos ambientales negativos ocasionados por la concentración de plomo en el material particulado menores a  $PM_{10}$ .

### **1.5.3. Justificación Ambiental**

Se Brindará un aporte de información anticipada midiendo el comportamiento de los parámetros ambientales cuantitativos de los puntos monitoreo y de esa manera se disminuirían la afectación de su salud y bienestar de las familias, al ecosistema, por la exposición descontrolada de la concentración de plomo en el material particulado menores  $PM_{10}$ .

### **1.5.4. Justificación Social.**

En lo social se dará un aporte y se beneficiaría a toda el área de influencia directa e indirecta, con la utilización del modelo ARIMA, se podrá predecir antes que ocasionen emergencias ambientales y evitar los efectos de un riesgo, con alto potencial de contaminación atmosférica del aire por el material particulado menores  $PM_{10}$  toxico de plomo (Pb), evitar daños irreversibles a la salud humana y bienestar, disminuir los conflictos sociales, la paralización de la industria en áreas de interés, pérdidas económicas y beneficiar la vigilancia de los ecosistemas.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La limitación más agravante para la realización de la presente investigación fue lo económico, por eso se efectuó con la data solicitada al “Organismo de evaluación y fiscalización ambiental OEFA” por el investigador, esta limitación se superó gracias al alcance de conocimientos, paciencia de mi asesor y jurados de

tesis, sin afectar su alcance y viabilidad del estudio. Carta N°00136 -2020 – OEFA/RAI, acceso a la información por parte de la OEFA. (Anexo 5).

### **1.6.1. Temporal**

Según el reporte el periodo de los monitoreos se efectuó del mes mayo en el punto de monitoreo (Q-01) y del mes junio en el punto de monitoreo (CH-203) en ambos puntos a diciembre del año 2018, cabe mencionar que no se dispone de los datos anteriores porque no se realizaron monitoreos en los meses de enero a abril de dicho año. Mencionamos dichos datos: (Q-01) en el ítem 4.2, figura5, tabla 8., también se menciona en el (anexo13: figura 7-10), y para (CH-203) en el ítem 4.2, figura 7, tabla 11)., también se menciona en él (anexo14 - figura7-6 ).

### **1.6.2. Espacial**

Este proyecto de investigación se realizó con los datos de los monitoreos de calidad del aire ubicados en la Comunidad Quiulacocha cuyo código CA-SB-01 = Punto de monitoreo (Q-01) y Champamarca código CA-SB-02 = punto de monitoreo (CH-203).

### **1.6.3. Recursos**

El presente trabajo de investigación fue autofinanciado y se requirió de asesor, un estadístico, el tesista, recursos humanos, logística, además de materiales de escritorio como: corrector, hojas bond, dispositivo USB, energía eléctrica, laptop, lapiceros, lápiz, computadora, internet, información científica.

### **1.6.4. Alcances de la investigación.**

Los lugares que van a ser favorecidos con el estudio serán las poblaciones más cercanas al área de influencia directa a la actividad del plan de cierre de la desmontera Excélsior, de igual modo, las zonas de influencia indirecta como la ciudad de Cerro de Pasco.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

Para la presente investigación se encontraron y se revisaron los siguientes antecedentes que me ayudan a fundamentar, sustentar, el marco teórico del estudio.

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales.

**García Nieto et al. (2018).** En su investigación *“Estimación de la concentración de  $PM_{10}$  a partir de datos de calidad del aire en las proximidades de una importante planta siderúrgica en el área metropolitana de Avilés (norte de España) utilizando técnicas de aprendizaje automático”* mencionan que el material particulado atmosférica (PM) es uno de los contaminantes que puede tener un impacto significativo en la salud humana. Los datos recogidos durante 7 años en la estación de vigilancia de la calidad del aire en la acería LD-III, perteneciente a la empresa siderúrgica Arcelor-Mittal, situada en el área metropolitana de Avilés (Principado de Asturias, Norte de España).

Se analizan mediante cuatro modelos matemáticos diferentes: media móvil autorregresivo vectorial, media móvil integrado autorregresiva (ARIMA), redes

neuronales perceptrónicas multicapa y máquinas vectoriales de apoyo con regresión.

Medido mensualmente, la concentración media de contaminantes ( $\text{SO}_2$ , NO y  $\text{NO}_2$ ) y  $\text{PM}_{10}$  (partículas con un diámetro inferior a 10  $\mu\text{m}$ . (micrómetros de longitud) se utiliza como dato de entrada para pronosticar la concentración media mensual de  $\text{PM}_{10}$  de uno a siete meses más adelante.

Las simulaciones mostraron que el modelo ARIMA funciona mejor que los otros modelos cuando se pronostica con un mes de antelación, mientras que en el pronóstico de uno a 9 meses de antelación el mejor funcionamiento viene dado por la regresión del vector de apoyo.

**Franceschi et al. (2018).** En la investigación intitulada “*Descubrir relaciones y pronosticar concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  en Bogotá, Colombia, utilizando redes neuronales artificiales, análisis de componentes principales y agrupamiento de  $k$ -medias*” mencionan que la contaminación del aire es un asunto importante para las autoridades locales de Bogotá (Colombia), siendo las  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ ; Los contaminantes atmosféricos más graves de la ciudad. En el presente estudio, se utilizaron algoritmos de extracción de datos para establecer las variables meteorológicas más influyentes en la contaminación atmosférica de Bogotá y para desarrollar modelos de predicción de  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$  que ayuden a las autoridades locales a prevenir la exposición humana a altos niveles de contaminación.

Para lograr los principales objetivos, se reunieron datos entre 2010 y 2015 de 13 estaciones locales en una red de vigilancia. Se realizó un análisis de la calidad de los datos para determinar las estaciones más y menos contaminadas.

Se seleccionaron las estaciones Kennedy y Parque Simón Bolívar como las más y las menos contaminadas, respectivamente, para utilizarlas en la elaboración

de los modelos de previsión. Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para determinar las variables que más influían en el comportamiento de los datos.

Luego, se desarrollaron modelos para pronosticar las concentraciones promedio de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  para el día siguiente usando Redes Neuronales Artificiales (RNA) y agrupación de k-means. Las variables de entrada de los modelos de RNA se seleccionaron en función de los resultados del ACP.

Se aplicó la agrupación de k-means para agrupar los datos, y los resultados se utilizaron como entradas en los modelos de pronóstico. Fue posible pronosticar las concentraciones medias de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  para las próximas 24 horas mediante el desarrollo de modelos de predicción que utilizaron el Perceptrón de Múltiples Capas con la consideración de los resultados del agrupamiento k-means.

Se demostró que la consideración de los resultados de la agrupación como variables de entrada mejora los modelos de previsión de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  para la estación más contaminada. Finalmente, se desarrollaron y evaluaron modelos de predicción horaria para  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  en la estación Kennedy.

Los modelos desarrollados pueden utilizarse como referencia para la emisión de alertas tempranas de alta contaminación atmosférica debido a su capacidad de predecir con precisión los incidentes de alta contaminación.

**Amaris, G., Ávila, H., & Guerrero, T. (2017).** En su estudio “Aplicación de modelo ARIMA para el análisis de series de volúmenes anuales en el río Magdalena.” *Tecnura*, 21(52).

Mencionan en su contexto los efectos del cambio climático, intervenciones humanas y características de los ríos, son factores que incrementan el riesgo en la población y de los recursos hídricos.

Sin embargo, impactos negativos como inundaciones y desecación de ríos pueden ser identificados previamente mediante el uso de herramientas de modelación adecuadas. Objetivos: Se estima un modelo ARIMA para el análisis de series de tiempo de volúmenes anuales (millones de m<sup>3</sup>/año) en el río Magdalena usando registros de la estación Calamar (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia–Ideam), buscando la compatibilidad entre la hipótesis de modelación y los datos observados en el río.

Métodos: El modelo ARIMA es considerado uno de los enfoques más implementados en hidrología y estudios relacionados con variabilidad climática dado que considera registros no estacionarios. Resultados: El pronóstico de volumen máximo del río Magdalena para los años 2013 a 2024 oscila entre 289 695 millones de m<sup>3</sup> y 309 847 millones de m<sup>3</sup>.

El pronóstico de volumen mínimo para los años de 2013 a 2024 oscila entre 179,123 millones de m<sup>3</sup> y 157,764 millones de m<sup>3</sup> con una tendencia de decrecimiento de 106 millones de m<sup>3</sup> en 100 años. Conclusiones: Los resultados de la simulación con el modelo ARIMA, comparados con los datos observados, muestran un ajuste adecuado de los valores mínimos y máximos.

Esto permite concluir, aunque estos modelos no simulan el comportamiento exacto en el tiempo, son una buena herramienta para aproximar eventos mínimos y máximos.

**Zafra et al. (2017)** Análisis ARIMA del efecto de la cobertura de la superficie terrestre en las concentraciones de PM<sub>10</sub> en una mega ciudad de gran altitud. Utilizaron en su estudio de investigación modelos ARIMA para el análisis temporal del desbroce de la cobertura del suelo en las concentraciones diarias del material particulado PM<sub>10</sub>, monitoreadas en seis estaciones automáticas,

controlando la estabilidad atmosférica y la distribución espacial del área de la cobertura del suelo, los resultados de esta investigación han demostrado, la gran importancia de la aplicación del modelo ARIMA para evaluación de series de tiempo, de contaminantes atmosféricos del material particulado  $PM_{10}$ , sugiere que su implementación contribuirá en una importante mejora y tener una calidad de aire de la ciudad.

**Feng et al. (2011).** En su investigación intitulada “*Variaciones de las concentraciones de  $PM_{10}$  en Wuhan, China*” mencionan que se obtuvieron concentraciones de  $PM_{10}$  (material particulado como contaminante clave del aire urbano), se recopilaron datos utilizando la técnica de la observación en nueve estaciones de vigilancia de la ciudad de Wuhan para su análisis desde inicios del año 2006 y concluyó en diciembre del año 2008.

Menciona también, la contaminación por  $PM_{10}$  se intensificó y alcanzó un nivel de alerta elevado de contaminación atmosférica durante el mes de noviembre de cada año. Permaneció en un nivel de alerta alto hasta el siguiente abril, donde volvió a disminuir a un nivel de alerta bajo durante los meses de verano. Durante los meses de invierno y primavera, la tasa de ocurrencia (en porcentaje) de  $PM_{10}$  fue de cinco a ocho veces mayor (nivel de alerta alta) que las mediciones detectadas durante los meses de verano. Se analizan primero los efectos de los factores intrínsecos (fuentes de contaminación) y las condiciones previas remotas (propagación de las tormentas de polvo y formación de aerosol secundario) en las graves concentraciones de  $PM_{10}$  en Wuhan. Después de lo cual, se proporcionan sugerencias para reducir los contaminantes  $PM_{10}$ .

### **2.1.2. Antecedente Nacional**

**Paúcar, R. (2015).** En su estudio de investigación sobre la **“Determinación de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa en la ciudad de Lima”**.

Menciona en su estudio que a partir de fuentes naturales y antropogénicas, esta última incluye la minería y el procesamiento de plomo, metales no ferrosos (zinc y cobre que contienen trazas de plomo),” además agrega que no contamos con una política de estado de fiscalización real y ausencia de autoridad sobre la gestión del plomo de acuerdo a los estándares internacionales de protección a la salud y el ambiente, que aprovechan otros para lucrar sin mayor restricción.

Además, menciona que en dicha ciudad por los altos niveles de contaminación ambiental ha generado una población con mucho estrés, comportamiento agresivo, irritabilidad, desordenes del sueño, males estomacales, anemia, dolores de cabeza, como casuística pueden encajar sin mayor problema como consecuencia generada por el plomo (Pb).

**Rodríguez, P (2014). Monitoreo de calidad de aire en la ciudad de Morococha,** el autor menciona sobre el monitoreo de calidad del aire realizado, en la ciudad de Morococha (Carhuacoto), provincia de Yauli, departamento de Junín; actividad realizada en atención a la referencia. Las concentraciones obtenidas en Material Particulado menor a 10 micras (PM-10) y Material Particulado menor a 2.5 micras (PM-2.5) no superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, siendo la principal fuente de emisión cercana el tránsito vehicular en la Carretera Central ubicada aproximadamente a 250 metros del punto de monitbreo. Las concentraciones obtenidas en el análisis de metales como Plomo (Pb), Hierro

(Fe) y Cadmio (Cd) estos no superan el Estándar Referencial de Ontario-Canadá (Ambient Air Quality Criteria - AAQC-2012).

### **2.1.3. Antecedente Local**

**Sosa et al. (2018)**, en el estudio intitulado “*Modelo de pronóstico ARIMA en el monitoreo de parámetros ambientales*” mencionan, la solución a la falta de obtener un modelo matemático que ayude a anticiparnos a sus efectos de las heladas en noches, exceso de radiación solar al medio día característicos de las anomalías climáticas. “Como parámetro ambiental, se dispone de los registros de la temperatura ambiental, de la estación de monitoreo, ubicada en la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, donde determinan su periodicidad en el tiempo y una relación de comportamiento con su pasado, facilitando su determinación de su modelo matemático determinístico, luego determinan en su estudio; Para la obtención del modelo de pronóstico autorregresivo ARIMA, emplean la metodología de BOX-JENKINS cuyos procedimientos consiste en un proceso de cinco pasos, para identificar, seleccionar y evaluar el modelo de media condicional por datos de series temporales invariantes, característico de los parámetros ambientales, también mencionan, como antecedente del estudio, al proyecto abierto de datos de la organización de mapas climáticos ,cuyo fin es la disponibilidad de datos del monitoreo de climas a nivel mundial aplicando modelos de pronósticos ARIMA para el pronóstico.

Concluyen en su estudio; Después del trabajo de investigación se logró brindar información anticipada a los interesados del comportamiento de los parámetros ambientales en la ciudad de Cerro de Pasco.

## **2.2. Bases Teóricas – científicas**

El Estudio de investigación también toma en cuenta las siguientes teorías científicas.

### **Teoría del desarrollo sustentable.**

La teoría del desarrollo sustentable detalla una visión innovadora a la humanidad pues propone la protección de la naturaleza y sin distinción social, no se debate ni discute sobre normas ni obligaciones políticos ni económicos.

Sostiene que iniciando del medio ambiente se logre un cambio social pacífico, gradual, planificada, organizada modifique nuestro vínculo con la naturaleza, con nosotros mismos y con la sociedad.

Publicación y divulgación del informe llamado nuestro futuro común mejor conocido como el informe Brundtland.

Ramírez Treviño, A., Sánchez Núñez, J. M., & García Camacho, A. (2003). El desarrollo sustentable: interpretación y análisis.

### **Teoría de la innovación:**

La teoría de Schumpeter (1939), este autor menciona que el desarrollo económico es un proceso dinámico, impulsado por la innovación de nuevas tecnologías, de la misma manera teniendo en cuenta como mencionan (Nelson y Winter, 1982) los acercamientos evolutivos, crean la innovación y mediante su trayectoria dependiente, desarrollan el conocimiento y la tecnología, la demanda del mercado y como influyen en los productos que se desarrollan y las tecnologías triunfan, también como menciona, (Luger y Stubblefield, 1989). Una heurística es una estrategia de búsqueda selectiva en el espacio de un problema y guía la búsqueda a lo largo de las líneas que tienen una alta probabilidad de éxito mientras que descartan aquellas trayectorias que no la ofrecen.

Takeyas, B (2007). Introducción a la inteligencia artificial. Instituto Tecnológico de Nuevo laredo.

### **2.2.1. Material particulado de Plomo en PM10 .**

En minería las partículas contaminantes en estado sólido, son emitidas por los diversos procesos, además de los caminos, vías o rutas que se encuentran dentro y aledañas al depósito minero, este tipo de contaminante se lo conoce como polvo o material particulado mayor  $PM_{2,5}$  y menor igual a  $PM_{10}$ .

Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, Madrid: Servicio de publicaciones del ITGE, Ministerio de Industria y Energía (1994).

#### **El Plomo (Pb) como contaminante atmosférico.**

El Plomo (Pb), numero atómico N°82, metal solido pesado de alta toxicidad, catalogado como contaminantes atmosféricos peligrosos, tiene la capacidad relativa de un agente de ocasionar daño en el material genético (genotoxicidad o xenobiótico).

<https://www.intramed.net/contenidover.asp?contenidoid=47111#comentarios>

#### **Importancia del monitoreo y seguimiento de la calidad de aire**

El monitoreo y la vigilancia de la calidad de aire constituyen la línea base en formulación de políticas para el control ya que sirven para evaluar de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos y se instalan en el lugar de interés con un propósito determinado.

(Sistema de Información Ambiental de Colombia [SIAC], 2017).

### **Equipo de Monitoreo.**

Es un equipo muestreador de alto volumen (Hi-Vol) , para la medición de partículas atmosféricas menor igual al  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  micras de diámetro aerodinámico( $\mu$ ).

Las partículas son clasificadas por medio de un separador aerodinámico y después colectadas en un filtro de cuarzo para su posterior cuantificación y análisis, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **2.2.1.1. Monitoreo del material particulado de Plomo (Pb).**

Define como el resultado de aplicar cualquier método que permita medir, calcular, predecir o estimar las concentraciones de un contaminante en el aire ambiente o su depósito en superficies en un momento determinado.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico Plaza San Juan de la Cruz, 10 28071 Madrid (España)

**Medición de concentración de Pb en  $PM_{10}$  por un lapso de 24 horas ininterrumpidas.**

“Las concentraciones de contaminantes también se miden por el peso del contaminante dentro de un volumen estándar de aire, microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) o miligramos por metro cúbico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).”

<https://infoaireperu.minam.gob.pe/monitoreo-atmosferico/>

#### **2.2.2. Modelo ARIMA**

La familia de modelos ARIMA, es ampliamente utilizada y presenta buenos resultados para horizontes de predicción cercanos en el tiempo de series temporales que presentan comportamientos estacionales, como menciona la (Teoría de

Wiener-Kolmogorov) más conocido como el enfoque de Box-Jenkins en las series de tiempo.

“La construcción de los modelos ARIMA tiene, como propósito predecir y, particularmente, muestra resultados satisfactorios, cuyo estudio se presenta en el libro de Box y Jenkins.”

“Time Series Analysis: Forecasting and Control” publicado en el año 1970.

El mencionado modelo ARIMA, son modelos paramétricos que tratan de obtener la representación de la serie en términos de la interrelación temporal de sus elementos. Este tipo de modelos que caracterizan las series como sumas o diferencias, ponderadas o no, de variables aleatorias o de las series resultantes, fue propuesto por Yule y Slutsky en la década de los 20.

Fueron la base de los procesos de medias móviles y autorregresivos que han tenido un desarrollo espectacular tras la publicación en 1970 del libro de Box-Jenkins sobre modelos ARIMA.

ISBN: 978-84-692-3814-1, Gonzales Casimiro.

### **Importancia del Modelo Autorregresivo integral de media móvil.**

El modelo ARIMA (p, d, q), Es una notación compacta de los modelos ARIMA, donde cada una de las letras corresponde a una de las tres partes descritas anteriormente.

- Estas  $p$  determina el número de términos autorregresivos (AR)
- $d$  determina el orden de diferenciación
- $q$  determina el número de términos de media móvil (MA)

Empleando la metodología de Box Jenkins (GEP, GM Jenkins y GC Reinsel, 1994), el que nos facilita los cálculos que define el modelo según la ecuación (Jaue Arnau y Gras, 2001, pág. 55):

$$\Phi_p(L)(1-L)^d Y_t = \delta + \theta_q(L) a_t \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

$\Phi_p$  = *Coeficiente Autorregresivo*

$p$  = *Orden Autorregresivo*

$L$  = *Operador de Retardo*

$\vartheta$  = *Coeficiente de Autoregresivo estacionario*

$s$  = *Periodo Estacional*

$d$  = *Orden de las diferencias*

$D$  = *Orden de las diferencias Estacionales*

$\delta$  = *Media del proceso*

$\theta_q$  = *Coeficiente de media movil*

$q$  = *Orden de media movil*

$\sigma$  = *Coeficiente de media movil estacional*

$a_t$  = *Función de inovación o perturbacion.*

## **Función matemática ARIMA**

La función ARIMA tiene por objeto especificar la forma funcional y almacena los valores de los parámetros de un modelo de serie de tiempo lineal ARIMA (p, d, q) para un proceso de respuesta univariante y t.

### **ARIMA.**

**El modelo ARIMA** es un modelo autorregresivo (AR (p)), promedio móvil (MA (q)) o ARMA (p, q). Un modelo que contiene componentes estacionales multiplicativos (SARIMA (p, D, q)  $\times$  (p s, D s, q s) s).

Un modelo que contiene un componente de regresión lineal para covariables exógenas (ARIMAX).

Un modelo compuesto de media condicional y varianza condicional. Por ejemplo, puede crear un modelo de media condicional ARMA que contenga un modelo de varianza condicional GARCH.

Los componentes clave de un ARIMA objeto son los grados polinómicos (por ejemplo, el grado polinómico AR p y el grado de integración d) porque especifican completamente la estructura del modelo, dados los grados polinómicos, todos los demás parámetros, como los coeficientes y los parámetros de distribución de innovación, son desconocidos y estimables a menos que especifique sus valores.

Para estimar un modelo que contiene estimación de evaluación de parámetros desconocidos, pasar el modelo y los datos a una estimación de cálculo de valores, para trabajar con un objeto estimado o completamente especificado ARIMA y luego pasar a una función de objeto.

Modelo de correlación en serie en una serie de perturbaciones de un modelo de regresión mediante la creación de un modelo de regresión con errores ARIMA.

Para más detalles, ver reg. ARIMA y Alternativa Modelo ARIMA Representaciones (MATLAB, 2020).

### **Exploración de patrones de serie de tiempo con análisis de autocorrelación.**

Cuando se mide una variable  $Y_t$  a través del tiempo con frecuencia está relacionada consigo misma, cuando se desfasa uno o más periodos, a esta relación se le conoce como correlación entre ella misma y en específico se le conoce como **coeficiente de autocorrelación**.

Los patrones de datos que incluyen componentes como tendencia, estacionalidad, estacionaria e irregularidad se pueden estudiar usando el enfoque del análisis de autocorrelación. Los coeficientes de autocorrelación para diferentes desfases de tiempo de una variable se emplean para identificar patrones en las series de tiempo de datos.

Con la siguiente ecuación se calcula los coeficientes de autocorrelación:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

en donde:

$r_k$ , es el coeficiente de autocorrelación para un desfase de k periodos.

$\bar{Y}$ , es la media de los valores de la serie

$Y_t$ , es la observación en el periodo de tiempo t

$Y_{t+k}$ , es la observación en k periodos posteriores o en el periodo t+k.

Por lo cual  $r_1$  es el coeficiente de autocorrelación en el primer desfase,  $r_2$  es el coeficiente de autocorrelación en el segundo desfase y así sucesivamente hasta un  $r_k$  desfase.

La forma de apreciar la  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_k$ , auto correlaciones, es con una gráfica llamada correlograma, que permite identificar si los datos de una serie de tiempo tienen las siguientes características: Estacionalidad. Aleatoriedad, Tendencia, Estacionariedad (Ibáñez Fauched, 2013).

“Las series de tiempo son datos estadísticos, se recopilan, observan o registran en intervalos de tiempo regulares en ellas existen tres conceptos que permiten analizar el comportamiento de la información: la aleatoriedad, la estacionariedad y la estacionalidad” (EBC,2017).

### **Modelos de Box- Jenkins**

La metodología de los modelos ARIMA fue formalizado por box y Jenkins en 1976, por lo que también se le denomina modelos Box-Jenkins. Este enfoque parte del hecho de que la serie temporal que se trata de predecir es generada por un proceso estocástico cuya naturaleza puede ser caracterizada mediante un modelo.

Al efectuar la estimación de un modelo ARIMA se requiere de una serie temporal mensual o trimestral que cuente con un elevado número de observaciones.

Básicamente, la metodología Box- Jenkins consiste en encontrar un modelo matemático que representa el comportamiento de una serie temporal de datos, y permita hacer previsiones únicamente introduciendo el periodo de tiempo correspondiente (Chatfield,1980).

En los modelos ARIMA univariantes se explica el comportamiento de una serie temporal a partir de las observaciones pasadas de la propia serie y a partir de los errores pasados de previsión.

No fue un único modelo de serie temporal, sino toda una familia de ellos que pudiesen ajustarse para explicar la evolución de una variable a lo largo del tiempo, son los denominados modelos ARIMA.

El análisis de series temporales es un conjunto de técnicas estadísticas que permite describir y prever el comportamiento de una serie temporal y modelizar el proceso estocástico del que estas provienen con el objetivo de hacer predicciones.

La familia de modelos ARIMA, es ampliamente utilizada y presenta buenos resultados para horizontes de predicción cercanos en el tiempo de series temporales que presentan comportamientos estacionales.

La construcción de los modelos ARIMA tiene, como propósito predecir y, particularmente, muestra resultados satisfactorios, cuyo estudio se presenta en el libro de Box y Jenkins.

“Time Series Analysis: Forecasting and Control” publicado en el año 1970.

### **Metodología de Box Jenkins**

La metodología Box Jenkins es un proceso de cinco pasos para identificar, seleccionar y evaluar modelos de medias condicionales (para datos de series temporales discretas e invariadas).

- 1). Establezca la estacionaria de su serie de tiempo. Si su serie no es estacionaria, diferencie sucesivamente su serie para lograr la estacionariedad. La función de autocorrelación de la muestra (ACF) y la función de autocorrelación parcial (PACF) de una serie estacionaria decaen exponencialmente (o se cortan completamente después de unos pocos retrasos).
- 2). Identifique un modelo de media condicional (estacionario) para sus datos. Las funciones de ejemplo de ACF y PACF pueden ayudar con esta selección. Para un proceso autorregresivo (AR), la muestra ACF se descompone gradualmente, pero la muestra PACF se corta después de algunos retrasos. Por el contrario, para un proceso de media móvil (MA), el ACF de la muestra se corta después de algunos retrasos, pero el PACF de la muestra se descompone

gradualmente. Si tanto el ACF como el PACF decaen gradualmente, considere un modelo ARIMA.

- 3). Especifique el modelo y estime los parámetros del modelo. Cuando se instalan modelos no estacionarios en Econometrics Toolbox™, no es necesario diferenciar manualmente los datos y ajustar un modelo estacionario. En su lugar, utilice sus datos en la escala original y cree un objeto modelo ARIMA con el grado deseado de diferenciación no estacional y estacional. El montaje directo de un modelo ARIMA es ventajoso para la previsión: las previsiones se devuelven a la escala original (no diferenciadas).
- 4). Realice comprobaciones de la bondad de ajuste para asegurarse de que el modelo describe sus datos adecuadamente. Los residuos deben ser no correlacionados, normalmente distribuidos con una media y varianza constante. Si los residuos no se distribuyen normalmente, puede cambiar su distribución de innovación a la  $t$  de un estudiante.
- 5). Después de elegir un modelo y comprobar su ajuste y capacidad de previsión, puede utilizar el modelo para pronosticar o generar simulaciones de Monte Carlo en un horizonte temporal futuro (MATLAB, 2020)

### **Serie Temporal**

Es una sucesión de observaciones de una variable tomadas en varios instantes de tiempo, en ella interesa estudiar los cambios en esa variable con respecto al tiempo, predecir sus valores futuros.

En el análisis de las series de tiempo, las mediciones pueden hacerse cada hora, diario, a la semana, cada mes, anualmente o en cualquier otro intervalo regular de tiempo.

Aunque los datos de las series de tiempo suelen mostrar fluctuaciones aleatorias, las series de tiempo también muestran un desplazamiento o movimiento gradual hacia valores relativamente altos o bajos a través de un lapso largo.

A este desplazamiento gradual de la serie de tiempo se le conoce como la tendencia de la serie de tiempo. Universidad Nacional del Sur- Departamento de Matemática septiembre 2016 - fvillarreal@uns.edu.ar

### **2.2.2.1. Tendencia basada en el reporte/t**

El instrumento fundamental a la hora de analizar las propiedades de una serie temporal en términos de la interrelación temporal de sus observaciones es el denominado coeficiente de autocorrelación que mide la correlación, es decir, el grado de asociación lineal que existe entre observaciones separadas  $k$  periodos.

Estos coeficientes de autocorrelación proporcionan mucha información sobre cómo están relacionadas entre sí las distintas observaciones de una serie temporal, lo que ayudará a construir el modelo apropiado para los datos. En función al tiempo.,  $(p, d, q)$ .

### **Modelo predictivo.**

La predicción con modelos no estacionarios ARIMA  $(p, d, q)$  se lleva a cabo de la misma manera que con los modelos estacionarios ARMA  $(p, q)$ .

El predictor por punto óptimo de  $YT+\ell$  viene dado por la esperanza condicionada al conjunto de información  $YT$   $(\ell) = ET [YT+\ell]$ . El objetivo de estos análisis es proporcionar buenos pronósticos o predicciones de los valores futuros de la serie de tiempo.

Al utilizar un método de series de tiempo, para elaborar el pronóstico, implica un método de serie de tiempo que se concretara, el pronóstico, sólo en las datos históricos o pasadas, para la elaboración como un método de pronostico casual se presenta el uso del análisis de regresión.

### **Gráficos de Tendencia.**

Gráficamente a los valores ajustados con el modelo ARIMA demostrando así la eficacia que tienen este tipo de modelos para trabajar con series de tiempo (Abad, C., 2020).

### **2.3. Definición de términos básicos.**

**AAQC (2012).** “Valor Estándar canadiense para calidad del aire de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 24$  /horas, normativa canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC).

#### **Aire atmosférico.**

Ramírez. M (2018) menciona en su estudio, que el aire atmosférico no es un simple compuesto, es un conjunto de elementos fundamentales como ; El Nitrógeno (N, 78,1%), oxígeno (O<sub>2</sub>) 20,9%) y otros gases como el argón (Ar), el cual constituye 0,9% y el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), helio (He), criptón (Kr), neón (Ne) y el xenón (Xe), constituyen el 0,1%, y vapor de agua el resto. Es tan esencial para la existencia de la vida humana, y de la existencia de los seres vivos, el planeta Tierra es la única que cuenta con dicho elemento, pero tan poco valorado.

#### **Áreas de influencia.**

Perímetro inmediato del emplazamiento donde hay indicio o alguna evidencia de contaminación potencial del suelo.

## **Contaminación Atmosférica**

Un contaminante atmosférico es toda forma de materia o energía presentes en el aire que alteran la calidad del mismo, o bien por arriba de la concentración natural en medio no contaminado (MINAM ,2017).

**DEAM.** en el marco de las competencias del OEFA, propone, planifica y ejecuta actividades de vigilancia, monitoreo y evaluación ambiental que permiten determinar el estado de la calidad del ambiente en sus diversos componentes.

### **Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).**

Son medidas de la concentración de elementos presentes en el aire, agua, suelo, su aplicación se realiza directamente en los cuerpos receptores a saber.

No son de exigencia legal, se utiliza como políticas ambientales públicas, ya que los estándares son generales para la sociedad peruana y buscan establecer un nivel aceptable de calidad para las emisiones, entendiéndose que los ECA son de aplicación general.

Valor de calidad exigible máximo, del aire x promedio anual , ECA y Guía del OMS es igual a  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  . <https://conexionambiental.pe/>

### **Equipos de monitoreo.**

Los equipos de monitoreo del material particulado con diámetro aerodinámico igual o menor a  $\text{PM}_{10}$  particulado, evalúan la calidad del aire y generan información confiable, comparable y representativa, para su aplicación en las estrategias nacionales destinadas a la protección de la salud de la población y su entorno.

Sirven para evaluar el impacto en la salud y el ambiente generado por la exposición a contaminantes atmosféricos, así como para medir el cumplimiento del

reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. (Decreto Supremo N°003-2017-MINAM).

### **Modelo de pronóstico.**

Villareal, F. (2016) menciona que el objetivo de los métodos de serie de tiempo es descubrir un patrón en los datos históricos y luego extrapolarlo hacia el futuro; el pronóstico se basa sólo en valores pasados de la variable que tratamos de pronosticar o en errores pasados.

**MATLAB.** Es la abreviatura de "Matrix Laboratorio" (Laboratorio de Matrices) es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizada, para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos, está diseñado para ingenieros y científicos.

Gracias a sus apps, puedes comprobar cómo funcionan tus algoritmos y luego ver la información que resulta en gráficos, o compartirlas directamente en la nube. <https://blog.hubspot.es/marketing/que-es-analisis-predictivo>.

**Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA** se creó en el 2008 como un organismo técnico especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente. Es el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA) en el Perú.

El OEFA cuenta con una certificación internacional ISO 9001:2008, el cual fortalece la confianza de las empresas supervisadas y los ciudadanos en general hacia la institución, garantizando que cumple de manera firme, eficiente y transparente sus funciones, buscando en todo momento el equilibrio entre la inversión y la protección ambiental. El OEFA garantiza que las actividades económicas se desarrollen en equilibrio con el derecho de las personas a gozar de un ambiente sano. Para ello, se encarga de la evaluación, supervisión, fiscalización y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de incentivos en los

sectores de minería, energía, pesquería e industria. Además, como ente rector del SINEFA, ejerce las funciones normativa y supervisora, respecto de las entidades de fiscalización ambiental (EFA) en el Perú. [www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

### **Partículas Suspendidos Totales. (PST).**

Las partículas suspendidas totales se consideran a la contaminación del aire por un conjunto de mezclas sólidas y gotitas líquidas que se encuentran suspendidas en la atmosfera con el aire, con diámetros mayores de 2,5 micrómetros y menores de 10 micrómetros y "partículas finas", con diámetros de 2,5 micrómetros y menores. <https://www.ecotech.com/product/particulates/>.

### **Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental (PLANEFA)**

Es un instrumento de planificación a través del cual cada Entidad de Fiscalización Ambiental (EFA) programa las acciones de fiscalización ambiental a su cargo a quien corresponda durante el año correspondiente.

#### **Protocolo de monitoreo utilizado:**

País: Perú.

Institución: Dirección general de salud ambiental (DIGESA)

Resolución directoral N° 1404-2005 –DIGESA -2005.

Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos.

#### **2.3.1. Siglas.**

- AIC. La precisión del mejor ajuste se evalúa mediante el Criterio de Información de Akaike.
- AAQC. Criterios de Calidad del Aire Ambiental de Ontario. (Normativa canadiense).
- AMSAC. Activos Mineros Sociedad Anónima Cerrada
- ARIMA. Modelo Autorregresivo Integral de Media Móvil.

- BIC. La precisión del mejor ajuste se evalúa mediante Criterio de Información Bayesiano.
- ECA. Estándares de Calidad Ambiental.
- DEAM. Dirección de Evaluación Ambiental.
- INACAL. laboratorio acreditado para el respectivo análisis químico por el Instituto Nacional de Calidad.
- MATLAB. Es la abreviatura de "Matrix Laboratory" (Laboratorio de Matrices) es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizada, para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos, está diseñado para ingenieros y científicos.
- NTP. Norma Técnica Peruana.
- OEFA. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- OMS. Organización Mundial de la Salud.
- PLANEFA. Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- PM<sub>10</sub>. Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 10 micrómetros (µm).
- PM<sub>10</sub> de plomo (Pb). µg/ m<sup>3</sup> Para contaminantes de Plomo (Pb).
- SINEFA. Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- US EPA. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

### **2.3.2. Marco Normativo.**

En la legislación peruana existen diversos instrumentos de gestión ambiental y dentro de estos se encuentran los estándares de calidad ambiental (ECA).

## **Base legal.**

### ➤ **Constitución política del Perú.**

la constitución política del Perú, título 1, de la persona y de la sociedad; capítulo 1, derechos fundamentales de la persona, fines de la sociedad y del estado, menciona lo siguiente:

**Artículo 1.-** La defensa de la persona humana y el respeto de su dignidad son el fin supremo de la sociedad y del estado.

### **La constitución**

Señala que, si bien se reconoce que el estado peruano es un estado social y democrático, éste no solo debe garantizar la existencia de la persona o cualquiera de los demás derechos que en su condición de ser humano y su dignidad le son reconocidos.

Sino también, detrás de este derecho se encuentra el deber del estado de proteger de los ataques al medio ambiente y a su salud en el que la existencia de la persona humana se desenvuelve, a fin de permitir que su vida se desarrolle en condiciones ambientales aceptables, tenemos el derecho fundamental de mantener y vivir en un ambiente equilibrado.

**Artículo 67.- Política Ambiental.** El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales. El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

### ➤ **Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.**

del derecho y deber fundamental.

### **Artículo 1.-**

del derecho y deber fundamental.

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente.

El estado debe dar los medios necesarios para que todos los peruanos podamos vivir en un ambiente sano, derecho a gozar de un medio ambiente equilibrado y adecuado, lo cual comporta la facultad de las personas de poder disfrutar de un medio ambiente en el que sus elementos se desarrollan e interrelacionan de manera natural y armónica en el caso de que el hombre intervenga, no debe suponer una alteración sustantiva de la interrelación que existe entre los elementos del medio ambiente.

## **Artículo II.**

### **Del derecho de acceso a la información**

Toda persona tiene derecho a acceder adecuada y oportunamente a la información pública sobre las políticas, normas, medidas, obras y actividades que pudieran afectar, directa o indirectamente, el ambiente, sin necesidad de invocar justificación o interés que motiva tal requerimiento.

## **Artículo V.**

### **Del principio de la sostenibilidad**

La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente Ley. Se sustenta en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como las satisfacciones de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

## **Artículo VI.**

### **Del principio de la prevención**

La gestión ambiental tiene como objetivo prioritario prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan se adoptan medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación que corresponda.

## **Artículo VII.**

### **Del principio precautorio**

Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente, en ese sentido podemos señalar que los elementos que caracterizan al principio precautorio.

- a) La incertidumbre científica, la cual se constituye en la principal característica de este principio, lo que lo diferencia del de prevención
- b) Principio precautorio establecido en la Ley del Ambiente N° 28611, determina en forma expresa que cuándo haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, para impedir la degradación del medio ambiente.

Este principio reconocido Internacionalmente y de aplicación cada vez más frecuente indica que todo daño a la salud o al medio ambiente debe ser evitado o minimizado a través de medidas de carácter preventivo. Para este logro, las actividades o empleo de determinadas tecnologías cuyas consecuencias hacia

las personas o medio ambiente sean inciertas, pero potencialmente graves, deben ser restringidas hasta que dicha incertidumbre

Sea resuelta en su mayor parte.

**La declaración de río sobre el medio ambiente y el desarrollo (1992), señala:**

"Con el fin de proteger el medio ambiente, los estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente; Porque, no se aplica el Principio Precautorio con relación a las ondas no ionizantes que emana de las antenas de telefonía celular

<https://gidahatari.com/ih-es/ley-general-del-medio-ambiente-ley-n-28611>

- Ley N°27466, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, y norma reglamentaria.
- Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- Decreto Supremo N° 013-2017-MINAM, Aprueban el Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.
- Decreto Supremo N° 012-2017-MINAM, La presente norma tiene por objeto establecer los criterios para la gestión de sitios contaminados

generados por actividades antrópicas, los cuales comprenden aspectos de evaluación y remediación, a ser regulados por las autoridades sectoriales competentes, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

- Resolución Ministerial N° 247-2013-MINAM, Aprueba Régimen Común de Fiscalización Ambiental.
- Resolución del Consejo Directivo N° 006- 2018-OEFA/CD, Tipifican infracciones administrativas y establecen escala de sanciones relacionadas con los Instrumentos de Gestión Ambiental, aplicables a los administrados que se encuentran bajo el ámbito de competencia del OEFA.
- Las operaciones mineras y la protección de los componentes ambientales. El titular de actividad minera presentará a la autoridad competente, cada dos (2) años, un estudio de estabilidad física de los depósitos de relaves, depósitos de desmontes, pilas de lixiviación y depósitos de escorias operativos, realizados por una empresa especializada en la materia, que garantice las operaciones de manera segura de dichos componentes.
- Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minera (DS-024-2016-EM). Art. 400°.
- Generalidades del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional (DS - 024 – 2016-EM). en materia de protección ambiental la finalidad es:

Practicar la explotación racional de los recursos minerales, cuidando la vida y la salud de los trabajadores y el ambiente.

## **2.4. Formulación de Hipótesis.**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Con la evaluación del registro del laboratorio químico de concentración del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se cuantificarán para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas.**

- a) Con los resultados obtenidos se podrá determinar la evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.
- b) Con los resultados obtenidos se podrá determinar la tendencia del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

## **2.5. Identificación de Variables.**

Variable 1: Material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb).

Variable 2: Modelo ARIMA.

Variable interviniente: área de influencia.

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables e indicadores.*

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<b>Material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb)</b>	Material generado por diversas actividades productivas mediante la polución diminutos cuerpos solidos o líquidos presentes en la atmosfera y se clasifican según su tamaño en micras.	Evaluación del Material particulado PM10 de Plomo (Pb).	Concentración de plomo en el material particulado PM <sub>10</sub> por un lapso de 24horas ininterrumpidas	µg/m <sup>3</sup>
<b>Modelo ARIMA</b>	Modelo ARIMA. Son modelos paramétricos, autorregresivos de Box-Jenkins sobre modelos ARIMA. “Time Series Analysis: Forecasting and Control” publicado en el año 1970.	Tendencia basada en el reporte/t (En función al tiempo.,p,d, q)	Modelo Predictivo	Gráficos Pronóstico de tendencia µg/m <sup>3</sup>

Nota. Datos de la investigación

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Según los objetivos del estudio, se concentra la solución de un problema inmediato, ofrece elementos para aplicaciones tecnológicas o para toma de decisiones.

El presente estudio según su orientación es: Tipo de investigación aplicada.

Rodríguez, M. C. M., & Cabrera, I. P. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería universitaria*, 4(1), 35-38.

#### **3.2. Nivel de investigación.**

Según Arias (2012), el nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con el que se aborda la investigación.

Por la naturaleza de sus variables, el nivel es: Predictivo.

#### **3.3. Métodos de investigación.**

Daniel Cauas (2015) menciona que, la investigación cuantitativa, es aquella que utiliza preferentemente información cuantitativa o cuantificable (medible).

El presente estudio utiliza el método de investigación científico, hipotético-deductivo.

### 3.4. Diseño de investigación .

El diseño del estudio es de enfoque cuantitativo, continuo, longitudinal de tendencia, no experimental, se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en las que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos (Hernández, Fernández y Bautista, 2010).

### 3.5. Población y muestra.

Tamayo, M. (2012) señala que, la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto “N”.

**Población:** La población en nuestro estudio es el conjunto de partículas atmosféricas suspendidas totales menores de diámetro aerodinámico de 10  $\mu$  (micrómetros), debido a los trabajos la remoción del material en la zona de la desmontera. Excélsior e impactos ambientales aledaños por la minería, que son afectados por la contaminación del aire por el material particulado  $PM_{10}$ .

**Muestra:** La muestra estuvo conformada por la concentración de Plomo en el material particulado menores a  $PM_{10}$ .  $\mu g / m^3$

Punto de monitoreo Quiulacocho (Q-01) ,20 datos de concentración de plomo en  $PM_{10}$   $\mu g / m^3$

Punto de monitoreo Champamarca (CH-203) , 36 datos de concentración de plomo en  $PM_{10}$   $\mu g / m^3$

**Muestreo:**El muestreo estuvo compuesto por el número de muestreo del punto (Q-01) que presenta 20 datos y (CH-203) que es representado por 36 datos de concentración de Pb en el material particulado menores a  $PM_{10}$ .

**Tabla 5**

*Datos del registro de concentración de plomo en material particulados menor a 10 micras PM<sub>10</sub> (Pb en PM<sub>10</sub>), data otorgada por el OEFA, puntos de monitoreo (Q-01) Y (CH-203).*

<b>CA-SB-01. C.C. (Q-01).</b>			<b>CA-SB-02. (CH-203).</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Días</b>	<b>PM<sub>10</sub> Pb µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Fecha</b>	<b>Días</b>	<b>PM<sub>10</sub> (Pb) µg/m<sup>3</sup></b>
22/05/2018	1	0,026	13/06/2018	1	0,027
23/05/2018	2	0,045	14/06/2018	2	0,03
24/05/2018	3	0,07	15/06/2018	3	0,029
9/07/2018	4	0,017	16/06/2018	4	0,029
10/07/2018	5	0,019	16/07/2018	5	0,059
11/07/2018	6	0,024	17/07/2018	6	0,042
20/08/2018	7	0,017	18/07/2018	7	0,04
21/08/2018	8	0,027	19/07/2018	8	0,044
22/08/2018	9	0,044	20/07/2018	9	0,015
20/09/2018	10	0,029	23/07/2018	10	0,05
21/09/2018	11	0,067	24/07/2018	11	0,05
9/10/2018	12	0,022	20/08/2018	12	0,033
10/10/2018	13	0,07	21/08/2018	13	0,044
11/10/2018	14	0,049	22/08/2018	14	0,037
6/11/2018	15	0,027	23/08/2018	15	0,023
7/11/2018	16	0,017	24/08/2018	16	0,018
8/11/2018	17	0,039	25/08/2018	17	0,036
5/12/2018	18	0,035	26/08/2018	18	0,024
6/12/2018	19	0,03	27/08/2018	19	0,021
7/12/2018	20	0,031	12/09/2018	20	0,019
			13/09/2018	21	0,05
			14/09/2018	22	0,069
			9/10/2018	23	0,027
			10/10/2018	24	0,062
			11/10/2018	25	0,033
			12/10/2018	26	0,021
			15/10/2018	27	0,019
			16/10/2018	28	0,025
			17/10/2018	29	0,022
			9/11/2018	30	0,038
			10/11/2018	31	0,041
			11/11/2018	32	0,057
			5/12/2018	33	0,029
			7/12/2018	34	0,016
			11/12/2018	35	0,029
			12/12/2018	36	0,03

Nota: Datos del instrumento de medición.

**Tabla5.**-Los datos de la (tabla 5), se utilizan para realizar el modelamiento del punto (Q-01 y CH -203), obtener los coeficientes autoregresivos (d, p, q), orden, diferencial, coeficiente medio móvil, nivel de precisión y el coeficiente de ajuste.

### **3.6. Técnica e instrumentos recolección de datos.**

La técnica en el estudio es la observación y el instrumento utilizado es el registro de datos de concentración de plomo en material particulado partículas aerodinámicas menores a 10 micrones. (Pb en  $PM_{10}$  ).

Dichos registros se obtuvieron gracias a la entidad OEFA. (Anexo13- 7-10) y Anexo 14 – Figura 7-6).

#### **3.6.1. La secuencia de actividades es como sigue:**

En la fecha 17 de enero del 2020, emisión de la solicitud a la Dirección de Evaluación Ambiental de la OEFA respecto al monitoreo ambiental del año 2018.

En la fecha 30 de enero del 2020, se recepciona los datos al correo electrónico [tsalaso@hotmail.com](mailto:tsalaso@hotmail.com)

En el mes de febrero se realiza la exploración de los datos por cada punto de monitoreo del informe (Anexo 13) y el (Anexo14).

En el mes de marzo se realiza la clasificación de los datos por cada punto de monitoreo, para (Q-01) referenciamos el (Anexo13) y para (CH-203) referenciamos el (Anexo 14).

En el mes de abril se realiza el manejo del modelo ARIMA en Matlab en la versión R2019a, se tiene los gráficos provenientes del software MATLAB.

La Elaboración del informe final se realizó en el mes de mayo.

## Figura 2

*Esquema del equipo (HI-VOL), utilizado para el monitoreo  $PM_{10}$  de plomo (Pb).*



Nota. *Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de la información ambiental – IDEM*

### 3.7. Selección validación y confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.

#### 3.7.1. La selección.

Por su naturaleza de las variables, es un equipo muestreador de partículas, modelo (Hi-Vol), medición de flujo volumétrico, procedencia USA, que los equipos cumplan la respectiva certificación. Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17025:2017. (Anexo N°4).

#### 3.7.2. Validación del Instrumento de investigación

Para su validación del equipo muestreador, modelo (Hi -Vol), su desempeño en el campo e instalación, requiere de la un Certificado de calibración del muestreador

(Anexo N°4). Certificado de calibración del muestreador.

“cumplimiento para de monitoreo de aire, Norma Técnica Peruana NTP-ISO/IEC 17025:2017.” y verificado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA.

En la investigación se considera el “protocolo utilizado en la investigación de monitoreo según menciona en la Resolución Directoral N°1404-2005 –DIGESA -2005” para el monitoreo de partículas atmosféricas del material particulado PM<sub>10</sub> del plomo (Pb). (Anexo 3). Protocolo de monitoreo utilizado.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

La técnica de procesamiento de datos, se inicia con recopilación de datos, proveídas por el OEFA, dónde clasificamos toda la información de los puntos de monitoreo de la calidad del aire, los cuales son la unidad de análisis del estudio, los cuales nos proporcionan datos de material particulado PM<sub>10</sub> de Pb.

Pará el análisis de datos se recurre al procedimiento estadístico software SPSS versión20, analizamos mediante la prueba de normalidad la muestra para identificar el estadístico que permita validar la hipótesis planteada.

### **3.9. Tratamiento Estadístico.**

Cuando el tamaño muestral es igual o inferior a 50 la prueba de contraste de bondad de ajuste a una distribución normal es la prueba de Shapiro-Wilk.

Saldaña, M. R. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. Revista Enfermería del trabajo, 6(3), 114.

#### **3.9.1. Prueba de normalidad.**

La prueba de normalidad es tan importante porque a partir de ello nos indicara que estadístico o prueba vamos a utilizar para contrastar nuestra hipótesis.

**Regla decisión:** donde el p-valor, es el valor de la probabilidad y el alfa es el nivel de significancia (alfa es el error que asume el estudio 0,05 ó 5%).

- Es importancia la cantidad de datos de la muestra, en este estudio utilizaremos estadígrafos inferenciales, porque son dos puntos de monitoreo, para su

contrastación de distribución normal y hallar la prueba de normalidad utilizaremos el test de Shapiro -Wilk.

- El test de Shapiro Wilk, para lo cual empleamos en SPSS y cuyos resultados se aprecia en la **tabla 6**.

### Tabla 6

Prueba de normalidad para los datos de Quiulacocha Q-01

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnova		Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CA-SB-01	,197	20	,040	,859	20	,008

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Tabla 7

Tabla Prueba de normalidad para los datos de Champamarca Ch-203

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnova		Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CA-SB-02	,152	36	,034	,940	36	,050

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Interpretación

#### La tabla 6

Nos muestra el p-valor corrido bajo dos modelos, en nuestro caso por la cantidad de muestras de cada punto de monitoreo empleamos el test de Shapiro-Wilk, ya que estas son menores a 50 datos en cada punto de monitoreo y el criterio de validación de la hipótesis es:

**Nivel de significancia:(Sig.) de la muestra.** (llamado también p-valor)

Si el Sig. Es  $>$  a 0,05 nuestros datos tendrán una distribución es normal (se utilizará la estadística paramétrica)

Si Sig. Es  $<$  a 0,05 Nuestros datos tendrán una distribución Anormal o simétrica (se utilizará la estadística no paramétrica)

Muestra: igual a 20 datos: Confiabilidad 95%.

**Hallando la normalidad, hipótesis del estudio es:**

**H<sub>1</sub>:** Hipótesis alternativa - **H<sub>0</sub>:** Hipótesis nula.

**H<sub>1</sub>:** Si evaluamos el material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb), entonces determinamos su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

**H<sub>0</sub>:** Si evaluamos el material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb), entonces no es posible determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

**De tabla 6.**

**Interpretación: Punto 01: (Q-01).**

En vista que el p-valor obtenido ( $p = 0,008 <$  a Sig. 0,05, entonces si existe evidencia suficiente para rechazarla hipótesis nula. Este resultado confirma que los datos no siguen una distribución normal. (Se utiliza la estadística no paramétrica), sin embargo, el uso de la t student es válido para muestras menores y numéricas.

## **De Tabla 7**

### **Interpretación punto 02: (CH-203).**

En vista que el p-valor obtenido ( $p = 0,05 = \alpha$  Sig. 0,05, entonces no existe evidencia suficiente para rechazarla hipótesis nula. Este resultado confirma que los datos siguen una distribución normal. (también se utiliza la estadística paramétrica)

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

Según las normativas respecto al derecho de autor en el inciso 9) del artículo 2°, de la Ley, hace referencia al derecho de divulgación con fines de universalización del conocimiento, acceso a la información por parte de la OEFA donde se menciona en relación al extremo de su solicitud referido a “Datos del monitorio realizado por la entidad OEFA, cuya documentación se encuentra en la Carta N° 136-2020-OEFA/RAI, el cual se detalla en el (Anexo 5).

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

El trabajo de campo para el monitorio de la calidad de aire se encuentra a cargo del Laboratorio Acreditado Certimin S.A , para ello se utilizaron, el equipo muestreador (HI-VOL) (Alto volumen).

En el estudio se empleó el reporte del OEFA y se procedió a transcribir los datos en una hoja de cálculo para ser importado al software Matlab, para determinar la tendencia aplicando el modelo ARIMA en los puntos de monitoreo (Q-01 Y CH-203) del material particulado MP<sub>10</sub> de (Pb).

**Figura 3**

*Punto de monitoreo de calidad de aire, evaluación de vigilancia ambiental Quiulacocha. (Q-01).*



Nota. AMSAC

**Figura 4**

*Punto de monitoreo de calidad de aire, evaluación de vigilancia ambiental Champamarca (CH-203).*



Nota. AMSAC.

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

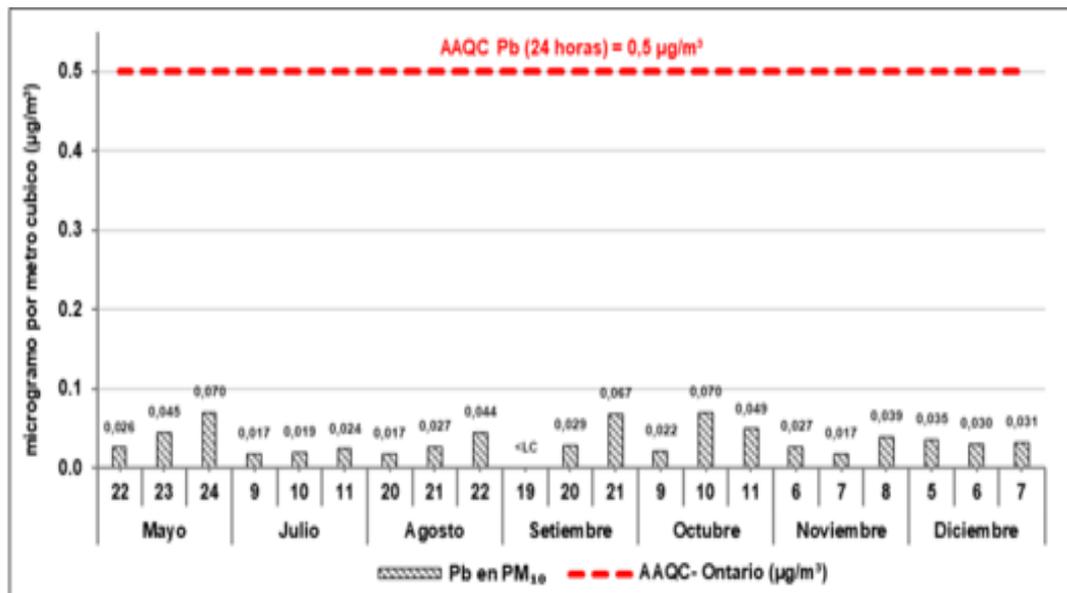
La presentación para este capítulo de nuestro estudio, utiliza los indicadores de las dimensiones de la variable 1 .de los hallazgos clave, incluye antecedentes de estudio científicas, teorías, de la investigación y de cada una de las figuras y tablas.

### 4.2.1. Análisis para el punto de monitoreo (Q-01).

En la **figura 5**, se aprecia los valores del monitoreo de vigilancia ambiental de concentración del plomo (Pb) en  $PM_{10}$  x 24 horas interrumpidas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  los detalles se mencionan al pie de la **figura 5**, estos datos se procesan estadísticamente en la **tabla8**.

#### Figura 5

*Concentración de Plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en  $PM_{10}$ ) Quiulacocho (Q-01).*



Nota. Comportamiento histórico del mes mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre 2018, de las concentraciones de plomo en  $PM_{10}$  de 24 horas en la estación de vigilancia ambiental (Q-01), <LC: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio.

## Figura 5

Obtenido los datos concentración de Plomo (Pb en  $PM_{10}$ ), Quiulacocha (Q-01), se evidencio:

- a). Se registraron concentraciones promedio por 24 horas de Pb en  $PM_{10}$  en la estación de vigilancia Q-01, utilizando el estándar referencial canadiense de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , normativa canadiense AAQC (2012)".
- b). Se observa la mayor concentración de  $0.070 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se registró el jueves 24 de mayo.
- c). Comportamiento histórico de mayo, julio agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre 2018. Se determinó el promedio anual de plomo en  $PM_{10}$  obteniendo una concentración de  $0.034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comparando referencialmente debido a que se consideró 8 a 12 meses.
- d) < LC: debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio.

Análisis realizado en función al reporte emitido por el OEFA, punto de monitoreo (Q-01) Quiulacocha, realizado en el periodo 2018.

Ítem 4.2.1. Figura 5. Tabla 8. (Anexo N°13 – figura 7-10).

**Tabla 8**

*Reporte de datos del registro de concentración de plomo en material particulados menor a 10 micras (Pb en PM10), del punto de monitoreo (Q-01) Quiulacocha.*

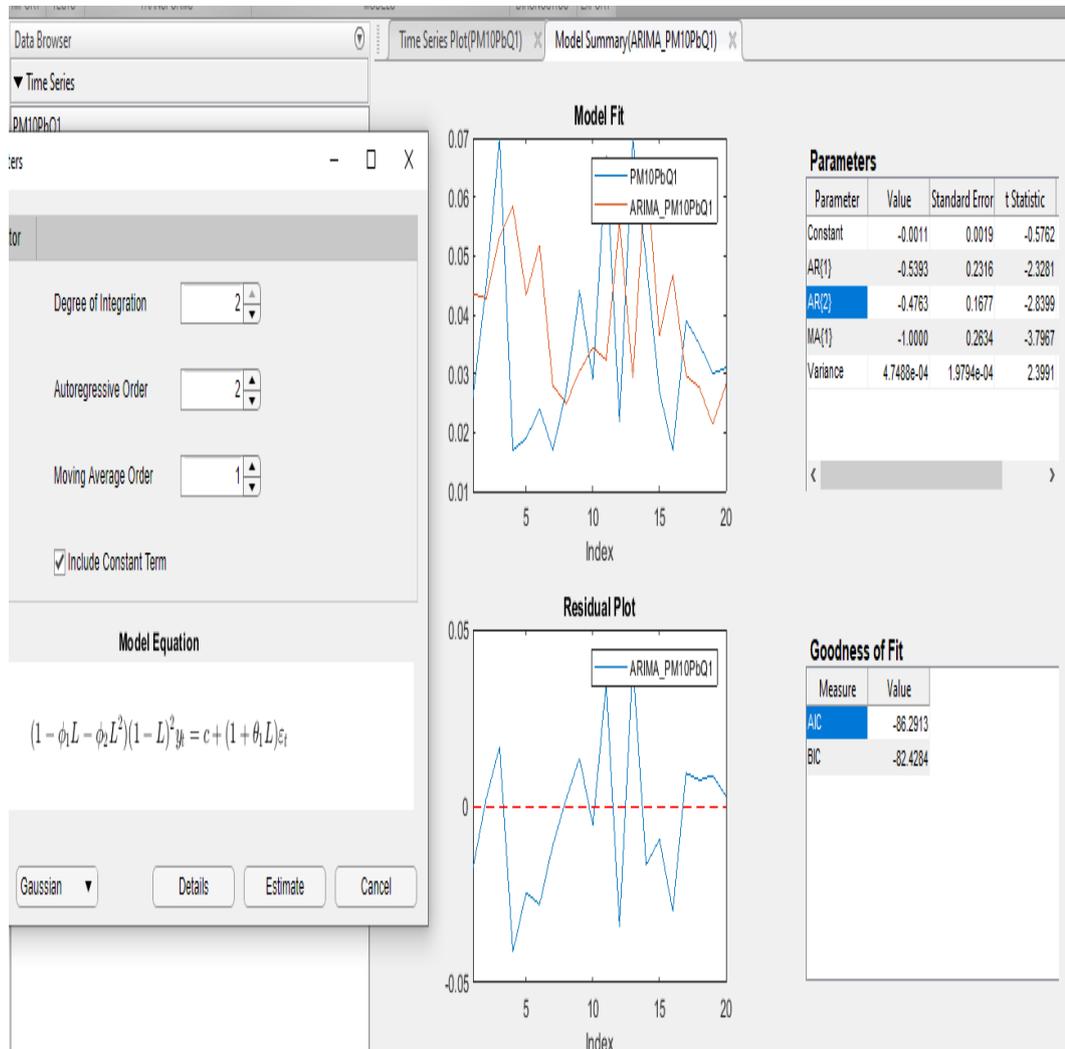
<b>CA-SB-01</b>	
<b>Fecha</b>	<b>PM<sub>10</sub> Pb µg/m<sup>3</sup></b>
22/05/2018	0.026
23/05/2018	0.045
<b>24/05/2018</b>	<b>0.070</b>
9/07/2018	0.017
10/07/2018	0.019
11/07/2018	0.024
20/08/2018	0.017
21/08/2018	0.027
22/08/2018	0.044
20/09/2018	0.029
21/09/2018	0.067
9/10/2018	0.022
10/10/2018	0.070
11/10/2018	0.049
6/11/2018	0.027
7/11/2018	0.017
8/11/2018	0.039
<b>5/12/2018</b>	<b>0.035</b>
<b>6/12/2018</b>	<b>0.030</b>
<b>7/12/2018</b>	<b>0.031</b>

Nota. Informe N°00010-2019 –OEFA/DEAM –STEC. (Anexo.13).

Los datos analizados son 17, considerados hasta el mes de noviembre ver la **tabla 8**. En el software Matlab, como se podrá apreciar en la **figura 6**.

**Figura 6**

*Modelo ARIMA del Q-01 Quiulacocha.*



Nota. App Economtric Moder Matlab R2019A

**figura 6**, realizamos el modelamiento del punto (Q-01) para obtener los coeficientes autorregresivos y **nos da como resultado:**

**el coeficiente es de orden 2, la diferencial 2 y el de media móvil 1,** quedando el modelo de pronóstico, de esta manera, modelo ARIMA (2,2,1).

Dicho modelamiento en el punto (Q-01) nos permitirá verificar la eficacia y exactitud de los pronósticos del modelo el pronóstico con **el modelo autorregresivo** y las tendencias con los modelos de **regresión lineal y no lineal** que se verán más adelante.

El software obtiene los valores de los **parámetros del modelo ARIMA** como muestra la **figura6**, cabe mencionar que son negativos porque el modelo se encuentra encima de los valores reales con una mínima diferencia, dicho comportamiento se puede apreciar en la **tabla 9**.

**Tabla 9**

*Parámetros del Modelo ARIMA, punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01), valúa el nivel de precisión del modelo (AR-MA)*

Parameter	Value	Standard Error	t Statistic	P-Value
Constant	-0.0011	0.0019	-0.5762	0.5645
AR{1}	-0.5393	0.2316	-2.3281	0.0199
AR{2}	-0.4763	0.1677	-2.8399	0.0045
MA{1}	-1	0.2634	-3.7967	1.47E-04
Variance	4.75E-04	1.98E-04	2.3991	0.0164

Nota.App Econometric Moder Matlab R2019 A

Los mencionados criterios de información descritos en la **tabla 9, evalúa el nivel de precisión del modelo ARIMA.**

**La bondad del mejor ajuste** se evalúa mediante el criterio de información de Akaike **AIC** y el criterio de información bayesiano **BIC**, **tabla 10**

Tomando siempre el valor mínimo cada vez que se van probando distintos modelos autorregresivos, sin embargo, se debe tomar en cuenta la metodología de Box-Jenkins.

**Tabla 10**

*Coefficientes de Ajuste (Q-01) AIC -BIC*

Measure	Value
AIC	-86.2913
BIC	-82.4284

Nota. App Econometric Moder Matlab R2019 A

Para ajustes de modelos (AIC) es una medida ampliamente utilizada de un modelo estadístico que básicamente cuantifica la bondad del ajuste y mide la simplicidad. Al comparar dos modelos, el que tiene el AIC más bajo es generalmente "mejor".

(Abbas, 2014), menciona en su estudio que apliquemos esta poderosa herramienta para comparar varios modelos ARIMA, que a menudo se utilizan para modelar series de tiempo.

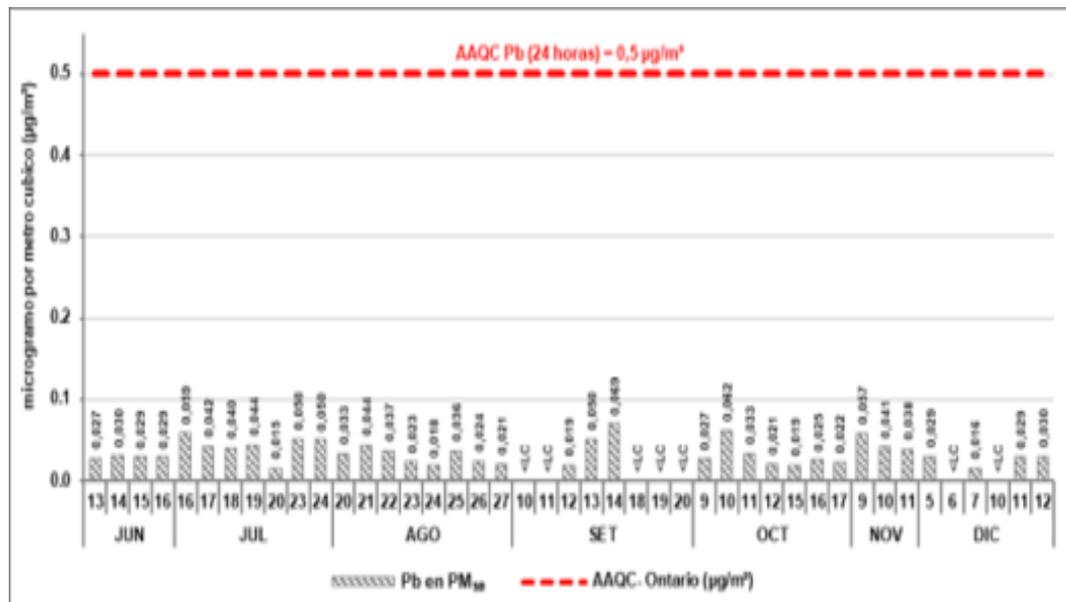
#### **4.2.1.1. Análisis del punto de monitoreo Champamarca (CH -203).**

Para el análisis de este estudio empezamos con los datos del punto de monitoreo Champamarca (CH-203). **Figura 7.**

En la **figura 7**, se aprecia los valores del monitoreo de vigilancia ambiental de concentración del plomo (Pb) en  $PM_{10}$  x 24 horas interrumpidas en  $\mu g/m^3$  los detalles se mencionan al pie de la **figura 7**, estos datos se procesan estadísticamente en la **tabla 11.**

**Figura 7**

Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en  $PM_{10}$  ).  
Champamarca (CH-203).



Nota. Comportamiento histórico 2018 de las concentraciones de plomo en  $PM_{10}$  de 24 horas en la estación de vigilancia ambiental (CH-203), <LC: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio.

Figura 7 Obtenido los datos concentración de Plomo (Pb en  $PM_{10}$  ),  
Champamarca (CH -203), se evidencia:

- Se registraron concentraciones promedio por 24 horas de Pb en  $PM_{10}$  en la estación de vigilancia CH-203, utilizando el estándar referencial canadiense de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , normativa canadiense AAQC (2012)".
- Se observa la mayor concentración de  $0.069 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se registró el día viernes 14 de setiembre.
- Comportamiento histórico de junio, Julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre 2018. Se determinó el promedio anual de plomo en

PM<sub>10</sub> obteniendo una concentración de 0.034 µg/m<sup>3</sup>, comparando referencialmente debido a que se considera 6 a 12 meses.

d). < LC: debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio.

Análisis realizado en función al reporte emitido por el OEFA, punto de monitoreo (Q-01) Quiulacocha, realizado en el periodo 2018.

Ítem 4.2.1. Figura 7. Tabla 11. (Anexo N°14 – figura 7- 6).

Los datos de la **figura 7** se plasma en la **tabla 11**, con la finalidad de importar los mencionados datos al software estadístico y al Matlab para su respectivo modelamiento y obtención de los coeficientes del modelo ARIMA.

**Tabla 11**

*Reporte de datos del registro de concentración de plomo en material particulados menor a 10 micras PM<sub>10</sub> (Pb en PM<sub>10</sub>), Reporte de datos del punto de monitoreo (CH-203), promedio*

<b>CA-SB-02</b>	
<b>Fecha</b>	<b>PM<sub>10</sub> Pb µg/m<sup>3</sup></b>
13/06/2018	0.027
14/06/2018	0.03
15/06/2018	0.029
16/06/2018	0.029
16/07/2018	0.059
17/07/2018	0.042
18/07/2018	0.04
19/07/2018	0.044
20/07/2018	0.015
23/07/2018	0.05
24/07/2018	0.05
20/08/2018	0.033

21/08/2018	0.044
22/08/2018	0.037
23/08/2018	0.023
24/08/2018	0.018
25/08/2018	0.036
26/08/2018	0.024
27/08/2018	0.021
12/09/2018	0.019
13/09/2018	0.05
<b>14/09/2018</b>	<b>0.069</b>
9/10/2018	0.027
10/10/2018	0.062
11/10/2018	0.033
12/10/2018	0.021
15/10/2018	0.019
16/10/2018	0.025
17/10/2018	0.022
9/11/2018	0.038
10/11/2018	0.041
11/11/2018	0.057
<b>5/12/2018</b>	<b>0.029</b>
<b>7/12/2018</b>	<b>0.016</b>
<b>11/12/2018</b>	<b>0.029</b>
<b>12/12/2018</b>	<b>0.03</b>

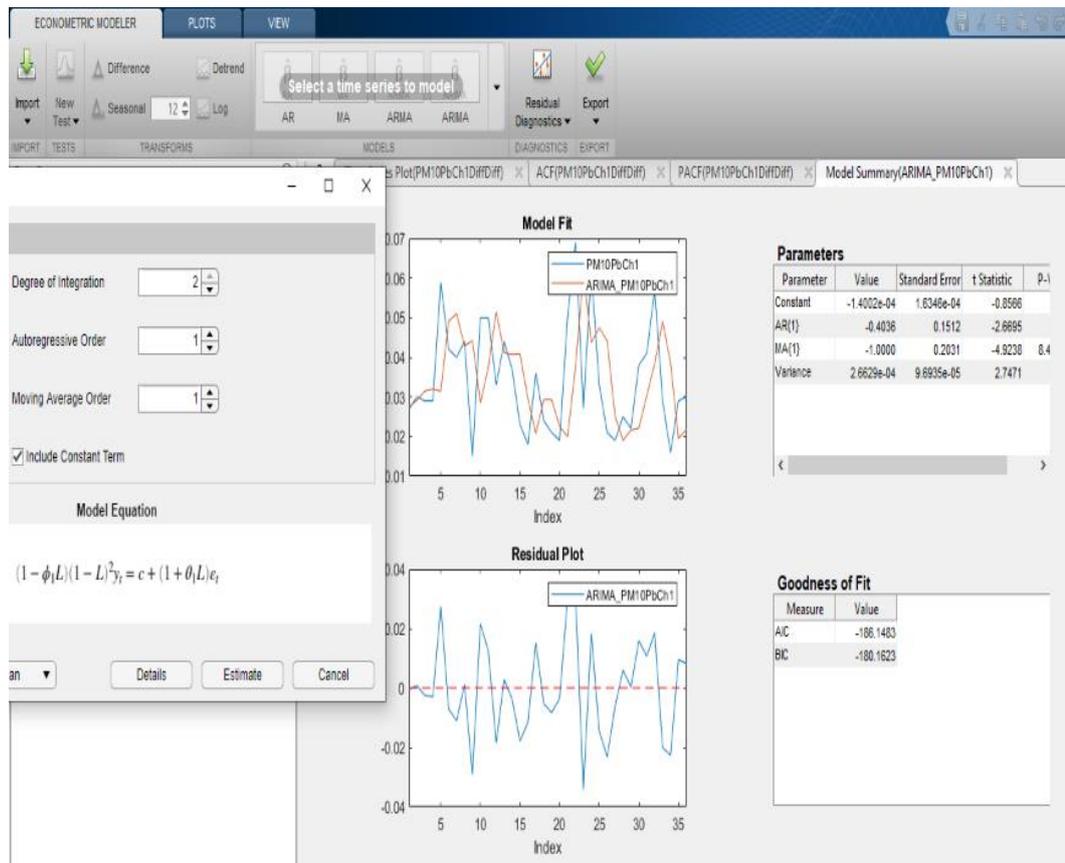
Nota. Informe N°00011 -2019 – OEFA/DEAM -STEC

Los datos analizados corresponden hasta el mes de noviembre ver la **tabla**

**11.** En el software Matlab, como se podrá apreciar en la **figura 8.**

**Figura 8**

*Modelo ARIMA del CH-203 Champamarca.*



Nota.App EconometricModer Matlab R2019A

Como se apreciará en la **figura 8**, realizamos el modelamiento para obtener los coeficientes autorregresivos.

En este caso es de orden 2, la diferencial es 1 y el coeficiente de media móvil es 1, y el modelo es ARIMA (2,1,1).

En la **figura 8**.

También encontramos, **los parámetros del modelo ARIMA** que realiza el pronóstico del material particulado, los cuales nos sirven para **evaluar el nivel de precisión**, se mencionan en la **tabla12**.

**Tabla 12**

*Parámetros del modelo ARIMA, punto de monitoreo (CH-203), valúa el nivel de precisión del modelo.*

<b>Parameter</b>	<b>Value</b>	<b>Standard Error</b>	<b>t Statistic</b>	<b>P-Value</b>
Constant	-1.40E-04	1.63E-04	-0.8566	0.3917
AR{1}	-0.4036	0.1512	-2.6695	0.0076
MA{1}	-1	0.2031	-4.9238	8.49E-07
Variance	2.66E-04	9.69E-05	2.7471	0.006

Nota. App Econometric Moder Matlab R2019A

**La precisión del mejor coeficiente de ajuste** se evalúa mediante el criterio de información de Akaike **AIC** y el criterio de información bayesiano **BIC** mencionada en la **tabla 13**

Tomando siempre el valor mínimo cada vez que se van probando distintos modelos autorregresivos, sin embargo, se debe tomar en cuenta la metodología de Box-Jenkins.

**Tabla 13**

*Coefficientes de ajuste (CH-203) AIC-BIC.*

<b>Measure</b>	<b>Value</b>
AIC	-186.148
BIC	-180.162

Nota. App Econometric Moder Matlab R2019A

El criterio de información para ajustes de modelos (AIC) es una medida ampliamente utilizada de un modelo estadístico que básicamente cuantifica la bondad del ajuste y mide la simplicidad. Al comparar dos modelos, el que tiene el

AIC más bajo es generalmente "mejor". Ahora, apliquemos esta poderosa herramienta para comparar varios modelos ARIMA, que a menudo se utilizan para modelar series de tiempo (Abbas, 2014).

#### 4.3. Prueba de Hipótesis.

Para determinar la prueba de hipótesis se utiliza el estadígrafo como la tendencia el nivel de ajuste que son representadas mediante tablas y gráficos, en la que describimos los hallazgos en cumplimiento al objetivo general de la investigación.

El estadístico empleado para el procedimiento de la muestra es la prueba de t de student, para el caso de los datos obtenidos por el monitoreo, en el centro poblado de Quiulacocha se trabajó con las muestras relacionadas, comparando los **datos del pronóstico para el mes de diciembre**, con el reporte de dicho mes.

De igual manera para el centro poblado de Champamarca se trabaja con la t de student para unas muestras relacionadas, comparando los **datos del pronóstico del mes de diciembre** con los datos del reporte del mencionado mes.

Cabe mencionar que solo son dos puntos de monitoreo del material particulado PM<sub>10</sub> (Q-01 y CH-203), según la información vertida por la OEFA, con **ello validamos la precisión del modelo autorregresivo.**

Respecto a la **prueba de hipótesis general** nos enfocamos en los resultados del pronóstico del modelo, planteando de esta manera:

##### **Objetivo General**

- Evaluar la concentración del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018

### Hipótesis.

H<sub>0</sub>: Con la no evaluación del registro del laboratorio químico de concentración del material particulado PM10 de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , no se cuantificarán para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

H<sub>1</sub>: Con la evaluación del registro del laboratorio químico de concentración del material particulado PM10 de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se cuantificarán para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

En la **tabla 14** se describe los estadísticos que emplea la prueba t de student para muestras relacionadas o emparejadas en este proceso se compara los promedios de dos conjuntos de datos cómo se describe, a continuación, se evalúa los datos correspondientes a la comunidad de Quiulacocha (Q-01).

**Tabla 14**

*Datos para la validación de hipótesis para Quiulacocha (Q-01)*

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Diciembre PM10 Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	,0320000	3	,00264575	,00152753
	Pronostico PM10 Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	,0323166	3	,00071967	,00041550

Nota. Software Estadístico SPSS V.25

**Tabla 15***Validación de hipótesis para el punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01)*

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia	t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior				
Par	Diciembre	-	,001933	,0011164	-	,004487	-,284	2	,803
1	PM10 Pb ug/m3 - Pronostico PM10 Pb ug/m3	,00031662	82	9	,00512049	25			

Nota. Software Estadístico SPSS V,20.

De la **tabla 15**.**Interpretación Quiulacocha (Q-01).**

Se aprecia el **p** valor de 0,803 es  $>$  que 0,05, lo que implica aplicar el criterio de **rechazo de la hipótesis nula**, está debe ser menor al 0,05 lo cual no es cierto, **quedando de esta manera aceptar la hipótesis nula**, lo que implica que el pronóstico presenta una alta precisión, concluyendo que el modelo de pronóstico ARÍMA determina la tendencia del material particulado en la comunidad de Quiulacocha.

**Tabla 16**

Validación de hipótesis para el punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01)

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas				95% de intervalo de confianza de la diferencia	t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio					
Par 1	Diciembre PM10 Pb ug/m3 - Pronostico PM10 Pb ug/m3	-,00031662	,00193382	,00111649	-,00512049	,00448725	-,284	2	,803

Nota. Software Estadístico SPSS V.20

**Para el caso de los datos del Asentamiento Humano Champamarca codificado según (CH-203), tabla17.**

**Tabla 17**

Datos para la validación de hipótesis para el punto de monitoreo Champamarca (CH-203)

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Diciembre PM10 Pb ug/m3	,0322000	4	,01502332	,00671863
	Pronostico PM10 Pb ug/m3	,0335576	4	,01399220	,00625750

Nota. Software Estadístico SPSS V.20

Dichos datos del **pronóstico son de 4 días** que en **promedio pertenecen a un mes**, sin embargo, los datos de comparación como se describe en la **figura 7**. El cual menciona que los datos se encuentran por debajo de los límite de **concentración (LC) en el análisis químico**, conllevando a poner el valor de cero lo que permite utilizar la prueba t de student para una muestra.

**Tabla 18**

*Datos para la validación de hipótesis para el punto de monitoreo Champamarca (CH-203)*

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Diciembre PM10 Pb ug/m3	,0322000	4	,01502332	,00671863
	Pronostico PM10 Pb ug/m3	,0335576	4	,01399220	,00625750

Nota. Software Estadístico SPSS V.20

**Tabla 19**

*Validación de hipótesis para el punto de monitoreo (CH-203) Champamarca*

Prueba de muestras emparejadas

		Media	Diferencias emparejadas			t	gl	Sig. (bilateral)
			Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia			
					Inferior	Superior		
Par 1	Diciembre PM10 ug/m3	-	,001972	,000882	-	,0010912-	4	,199
	Pronostico PM10 ug/m3	Pb,00135-760	22	00	,003806	4	1,539	

Nota. Software Estadístico SPSS V,20.

Empleando la prueba de hipótesis con el estadígrafo t student ver **tabla 18**, obtenemos un p-valor es de 0.199 siendo está mayor al 0,05, implicando que se acepta la hipótesis nula, lo que conlleva a probar nuestra hipótesis general, **que** si evaluamos el material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb), entonces determinamos su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

#### 4.4. Discusión de resultados.

##### 4.4.1. Resultados e interpretación (Punto de monitoreo (Q-01 Y CH-203).

###### Punto (Q-01).

###### Objetivo específico 1.

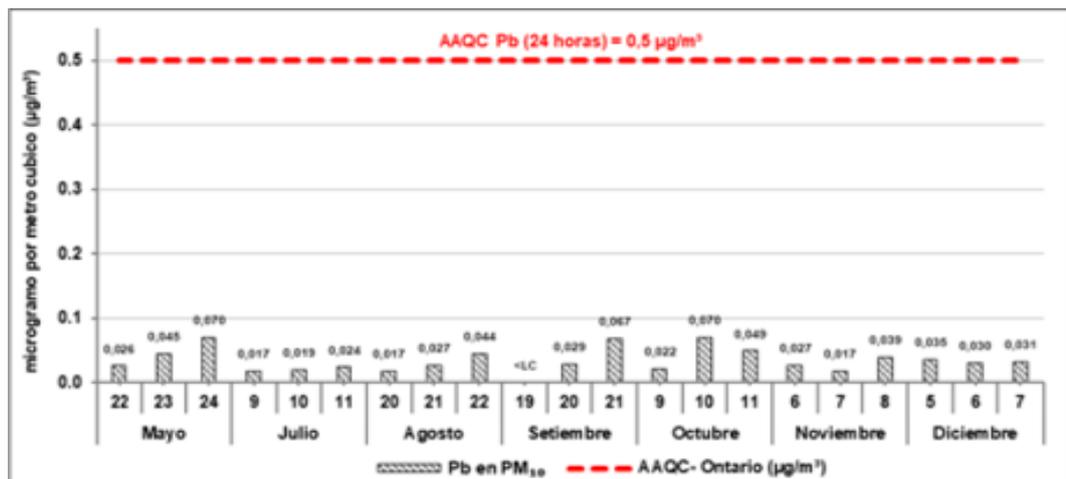
Determinar la evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb) , puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

**Variable 1:** Material particulado PM<sub>10</sub> de Plomo (Pb).

**D1:** Evaluación del **Material** particulado PM<sub>10</sub> de Plomo (Pb).

**II.** *Concentración de Plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en PM<sub>10</sub>)*  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  . Quiulacocha (Q-01). **Figura 5R.**

**Figura 5R**



Se verifica el monitoreo del componente Aire x 24 horas, llego a la cifra más alta de concentración de 0,070 de Pb en PM<sub>10</sub>  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el jueves 24 de mayo 2018.

Los resultados de la vigilancia ambiental de la calidad del Aire x 24 horas respecto a las concentraciones de metales de Plomo en PM<sub>10</sub>.

**No excedieron los valores establecidos en 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  x 24 horas, por la norma de referencial canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC).**

El comportamiento histórico en los meses de mayo, Julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre 2018, se determinó el promedio anual de plomo en  $PM_{10}$  obteniendo una concentración de  $0.034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , al culminar el año 2018.

*No excedieron el valor del ECA para el aire* de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , establecidos por Decreto Supremo N°003-2017, comparando referencialmente de 8 a 12 meses.

También se verifica los valores menores a límites de concentración que se obtuvo el día 19 de setiembre 2018, con una concentración (menor)  $< LC$  de Pb en  $PM_{10} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Se considera valor de cero).

**Datos obtenidos del Ítem 4.2.1. Figura 5** .(Anexo N°13 – figura 7-10).

**Resultados e interpretación, evaluación punto de monitoreo (CH-203).**

**Objetivo específico 1.**

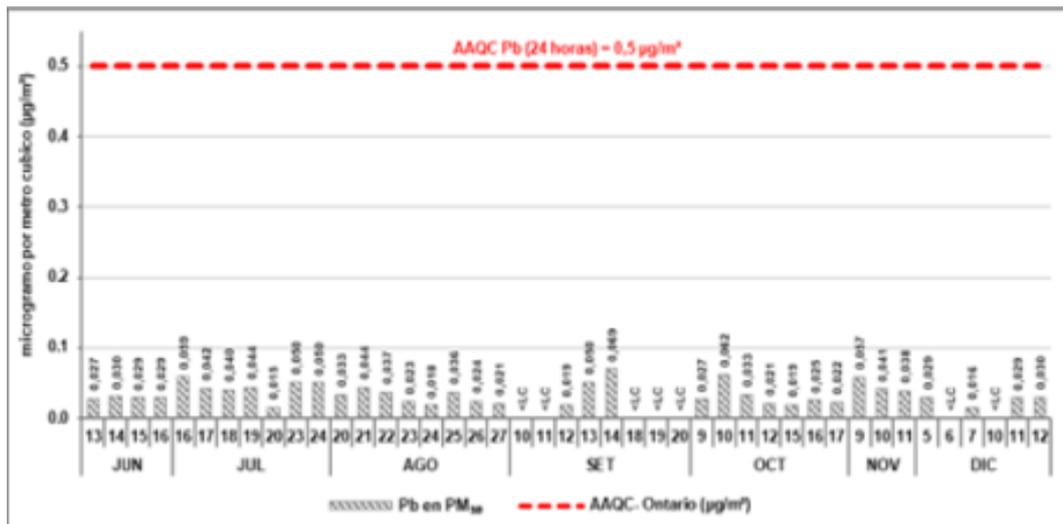
Determinar la evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb) , puntos de monitoreo (Q-01 y **CH-203**), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.

**Variable 1: Material** particulado  $PM_{10}$  de Plomo (Pb).

**D1:** Evaluación del **Material** particulado  $PM_{10}$  de de Plomo (Pb).

*II. Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras. (Pb en  $PM_{10}$  ).  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  .Champamarca (CH-203). **Figura7R.***

**Figura7R.**



Se verifica el monitoreo del componente Aire x 24 horas, llego a la cifra más alta de concentración de 0,069 de Pb en PM<sub>10</sub> µg/m<sup>3</sup>, el día 24 de Setiembre 2018.

Los resultados de la vigilancia ambiental de la calidad del Aire x 24 horas respecto a las concentraciones de metales de Plomo en PM<sub>10</sub>.

**No excedieron los valores establecidos en 0,5 µg/m<sup>3</sup> x 24 horas, por la norma de** referencial canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC).

El comportamiento histórico en los meses de junio, Julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre 2018, se determinó el promedio anual de plomo en PM<sub>10</sub> obteniendo una concentración de 0.034 µg/m<sup>3</sup>, al culminar el año 2018.

*No excedieron el valor del ECA para el aire* de 0,5 µg/m<sup>3</sup>, establecidos por Decreto Supremo N°003-2017, comparando referencialmente debido a que se consideró de 6 a 12 meses. (anexo15). Estándares de calidad del aire.

También se verifico los valores menores a límites de concentración que se tuvo los días 10,11,18,19,20 de setiembre y los días 6,10 de diciembre 2018, con una concentración < LC de PM<sub>10</sub> Pb µg/m<sup>3</sup> (Se considero valor de cero).

**Referencia.** Datos obtenidos del Ítem 4.2.1. Figura 7(Anexo N°14 – figura 7-6).

**Discusión de Resultados de la evaluación de material particulado PM<sub>10</sub> de Plomo (Pb). Puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203).**

Los resultados obtenidos coinciden con el estudio establecido por **Rodríguez, P (2014). Quien presento la investigación titulada “Monitoreo de calidad de aire en la ciudad de Morococha”, donde se concluyó que,** las concentraciones obtenidas en el análisis de metales como Plomo (Pb), Hierro (Fe) y Cadmio (Cd) estos no superan el Estándar de 0,5 µg/m<sup>3</sup> x 24 horas Referencial de Ontario-Canadá (Ambient Air Quality Criteria - AAQC-2012).

Los resultados en la presente variable1 concuerdan con el sustento teórico planteado anteriormente y también llegamos a determinar nuestro primer objetivo específico del estudio.

Este resultado de la evaluación de la concentración de plomo (Pb) en el material particulado menores PM<sub>10</sub>, que se generan en las labores de la remediación ambiental de la desmontara Excélsior (movimiento de tierras, carguío, transportes, almacenamiento), *no representan un posible riesgo significativo para la salud y bienestar de la población ni para el medio ambiente.*

- Asimismo, *el cumplimiento* a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, evidencia que las medidas de prevención, mitigación y control implementadas por Activos Mineros S.A.C., tales como el riego periódico en zonas de trabajo, mantenimiento preventivo de vehículos y maquinarias, mantenimiento de caminos de acceso, tendido de geomallas, *reducen eficientemente la generación de concentración de Plomo (Pb) en partículas menores PM<sub>10</sub> en el área efectiva del proyecto.*
- Respecto al riesgo ambiental de la población vulnerable (niños, adultos mayores y madres gestantes) que pudiera ser afectada por el Aire toxico con

concentración de plomo (Pb) en el material particulado menores de PM<sub>10</sub>, la Comunidad Campesina Quiulacocha ubicado a 2.9 km de la desmontera Excélsior y Asentamiento Humano de Champamarca, ubicado en el frontis de la mencionada desmontera Excélsior.

*No tendrán ningún impacto de riesgo moderado en la salud y bienestar sus habitantes de las zonas de influencia y cerro de Pasco, según señala los resultados de la evaluación del estudio.*

#### **4.4.2. Datos para determinar el pronóstico punto de monitoreo (Q - 01 Y CH - 203).**

##### **➤ Punto de Monitoreo (Q-01).**

#### **Variable 2: Modelo ARIMA**

#### **Objetivo específico 2.**

“Determinar su tendencia del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb), aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.”

**D1:** Tendencia basado en el reporte/t.

**I2.:** Modelo predictivo.

“La discusión de los hallazgos de la presente investigación se va enfocar en los dos puntos de monitoreo de calidad del aire y determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 Y CH203)”.

En ambos casos se realiza la comparación entre el modelo de pronóstico ARIMA con el modelo de tendencia lineal y la no lineal para 3 datos que se

entiende como días con el propósito de verificar su precisión respecto al grupo control mencionados.

Datos para determinar el pronóstico para el punto de monitoreo (Q-01).

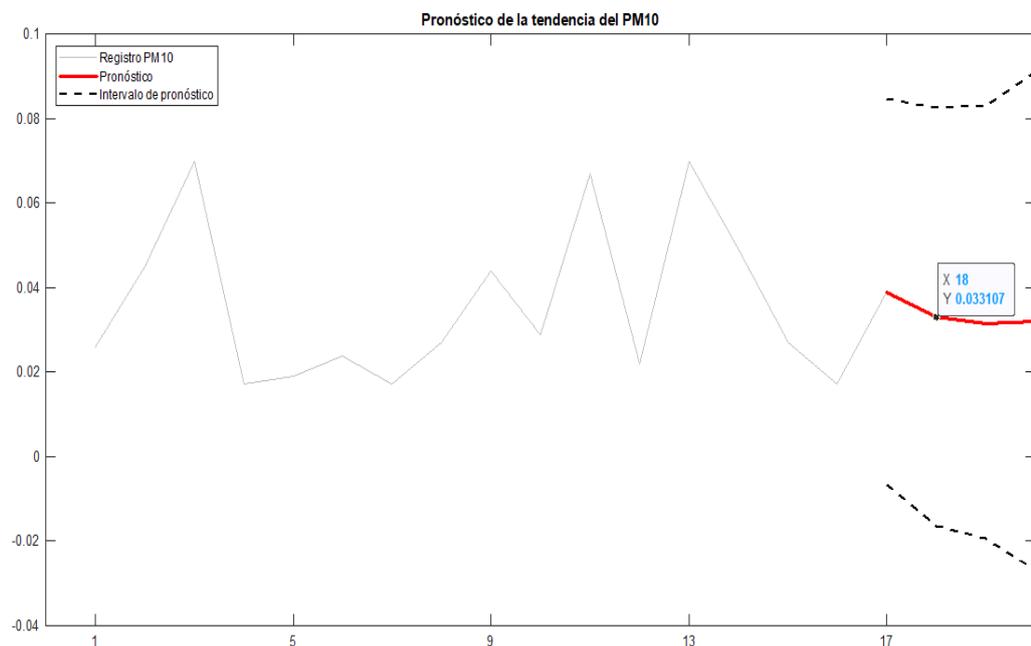
**Tabla 20.**

Fecha	Datos	Pronostico
5/12/2018	0.035	0.03311
6/12/2018	0.030	0.0317
7/12/2018	0.031	0.0321

Nota. Datos en ítem 4.2.1. (figura5 -Tabla 7).

**Figura 9**

*Pronostico de la tendencia de regresión los tres (3) días siguientes en el punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01) modelo ARIMA.*



Nota. App Econometric Moder Matlab R2019A

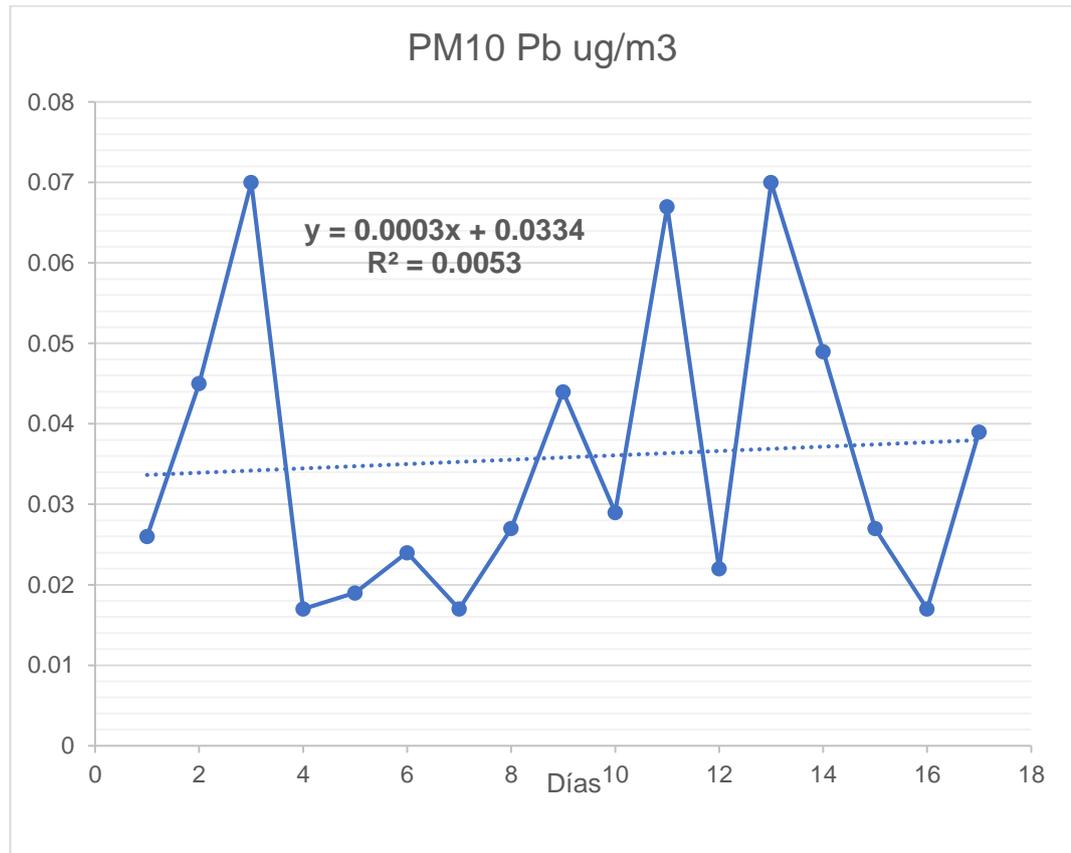
**Figura9**

**El modelo autorregresivo** presenta **un pronóstico** para 3 datos enmarcadas en la línea roja por cierto se evalúa para el dato (X=18) una

concentración de plomo en el material particulado PM<sub>10</sub> del valor de **0 03311**, tal como se valida para la primera lectura (0.035) del reporte del mes de diciembre, **tabla 19.**

**Figura 10**

*Tendencia para los tres (3) días siguientes del **modelo lineal** en el punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01)*



Nota. Hoja de cálculo MS Excel

$$PM10(x = 17) = 0.0003 * (17) + 0.0334 \quad (1)$$

$$PM10(x = 17) = \mathbf{0\ 0385} \quad (2)$$

Dónde se aprecia a través de la línea punteada la función que determina la concentración para los tres días (mes de diciembre), para el día 5/12/2018, la tendencia es de **0.0385** µg/m<sup>3</sup>, al igual que reporta la OEFA, sin embargo, el

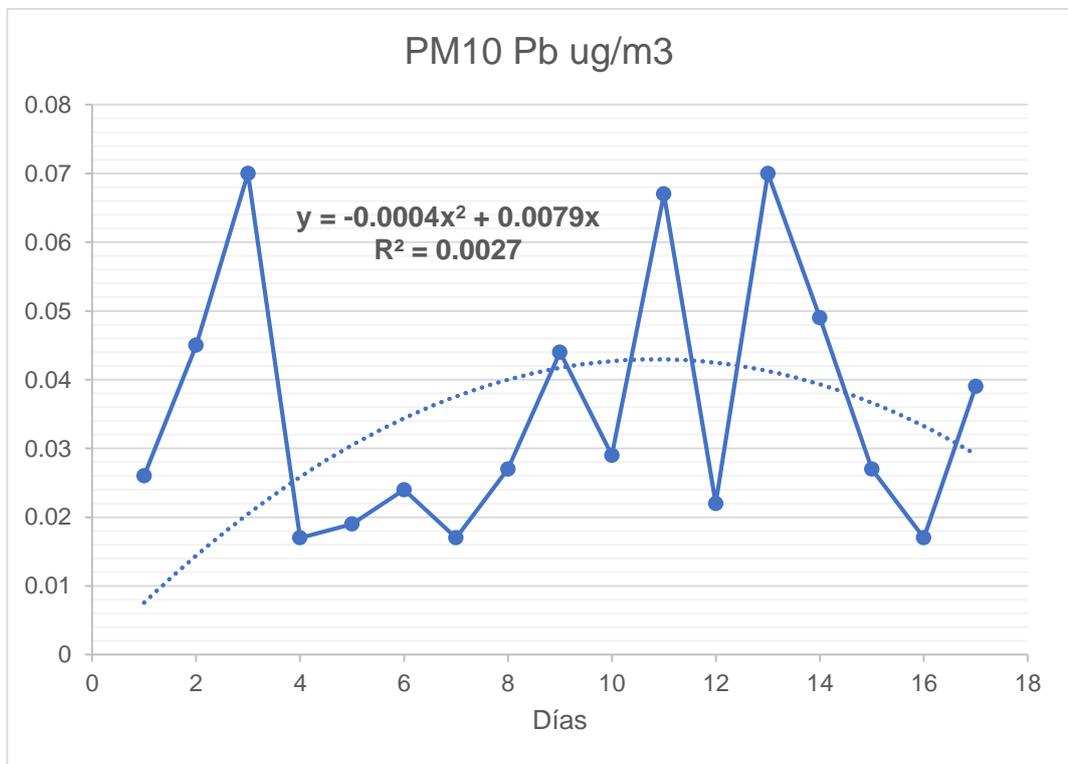
modelo autorregresivo obtiene **0.03311**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo esta más preciso y se acerca a los valores reales.

**Figura 11.**

Cuyo ajuste es una cuadrática visualizando una tendencia a la disminución paulatina de **0.0187**  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que a comparación con el modelo ARIMA, este modelo presenta un margen de error, muy superior a la lineal.

**Figura 11**

*Tendencia para los 4 días siguientes del modelo no lineal (Q-01)*



Nota. Hoja de calcula MS Excel

$$PM10(x = 17) = -0.0004 * 17^2 + 0.0079 * (17) \tag{3}$$

$$PM10(x = 17) = 0,0187 \tag{4}$$

**Datos para determinar el pronóstico punto de monitoreo (CH-203).**

**Punto de monitoreo (CH-203).**

### Datos en ítem 4.2, (figura 7 -Tabla 11).

Igual manera en la evaluación para el punto de monitoreo Champamarca con el modelo ARIMA para 4 días pertenecientes al mes de diciembre, estas se muestran a través de la línea roja en la **figura 12** se aprecia los 32 valores en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de material particulado de plomo en el aire, hasta el mes de noviembre.

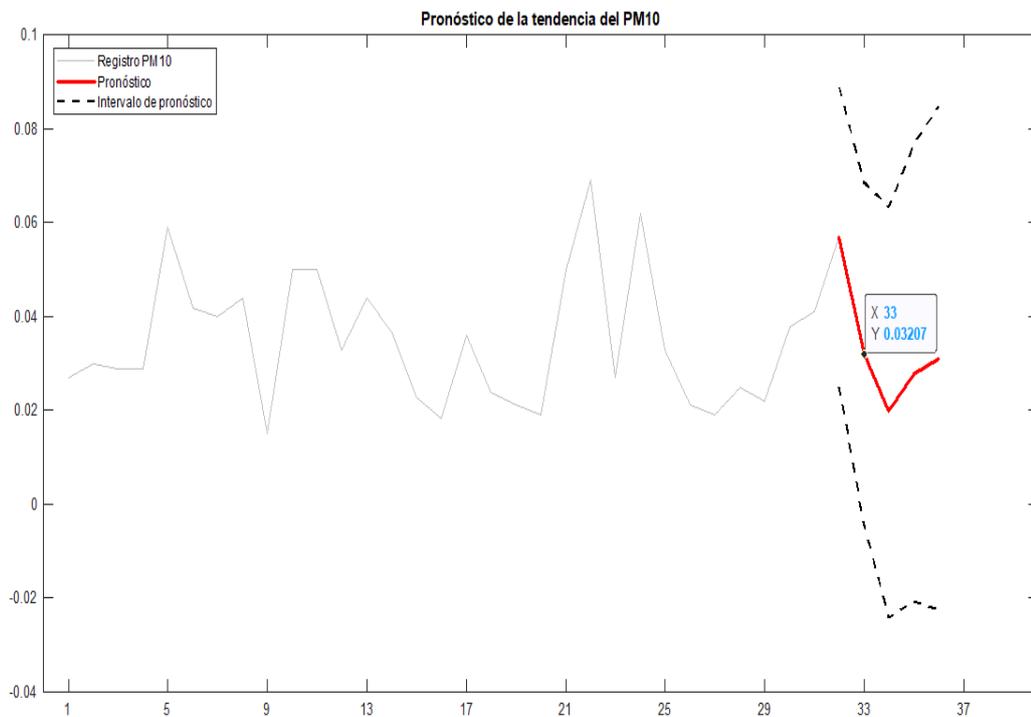
**Tabla 21**

Fecha	Datos	Pronostico
5/12/2018	0.029	0.0320704
7/12/2018	0.016	0.0196161
11/12/2018	0.029	0.0279865
12/12/2018	0.030	0.031115

Nota.Datos en ítem 4.2.1 (figura 7 -Tabla 11).

### Figura 12

*Pronóstico de la tendencia los 4 días siguientes (CH-203), modelo ARIMA*



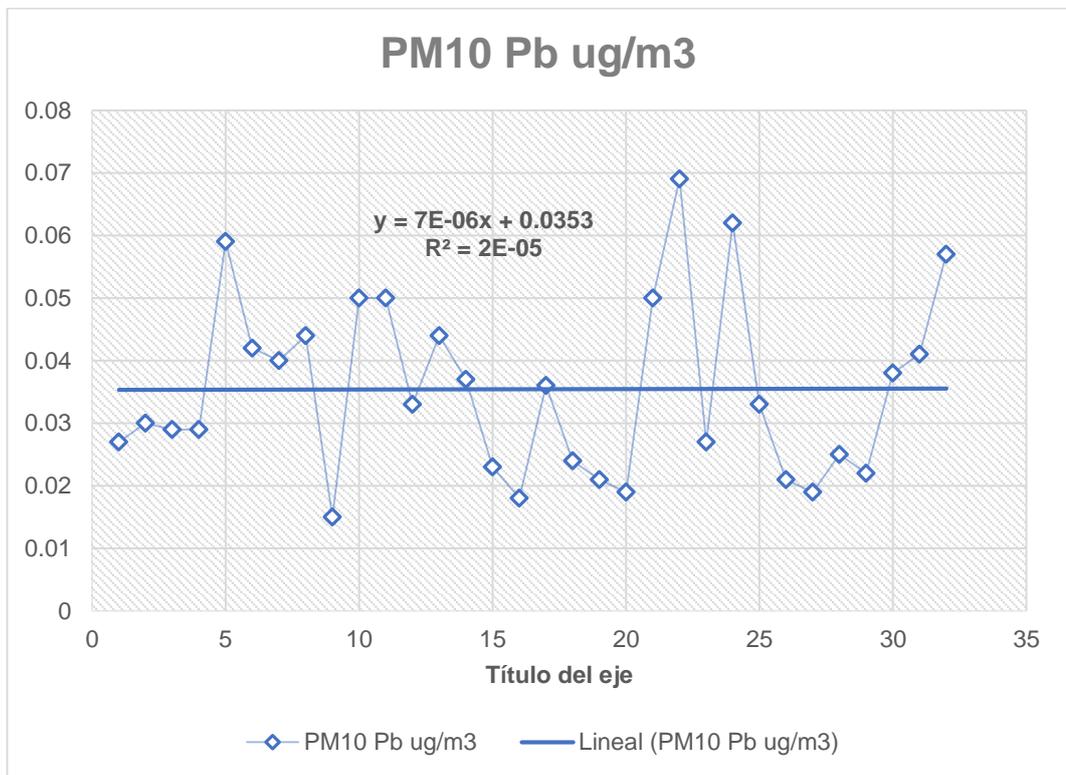
Nota. App Econometric ModerMatlab R2019A

Cabe mencionar que las líneas punteadas en la **figura 12** de color negro son los máximos y mínimos valores que puede tomar y esto se obtiene a través de una simulación de Montecarlo ficha técnica emplea pronóstico cómo en este caso el ARIMA.

De igual forma realizamos la evaluación para el valor 33, con el modelo ARIMA obteniendo una concentración de (0.03207)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor real 0.029.  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Figura 13**

*Tendencia para los 4 días siguientes del modelo lineal (CH-203) .*



*Nota.* Hoja de cálculo MS Excel

$$PM10(x = 33) = 7E - 06 * (33) + 0.0353 \tag{5}$$

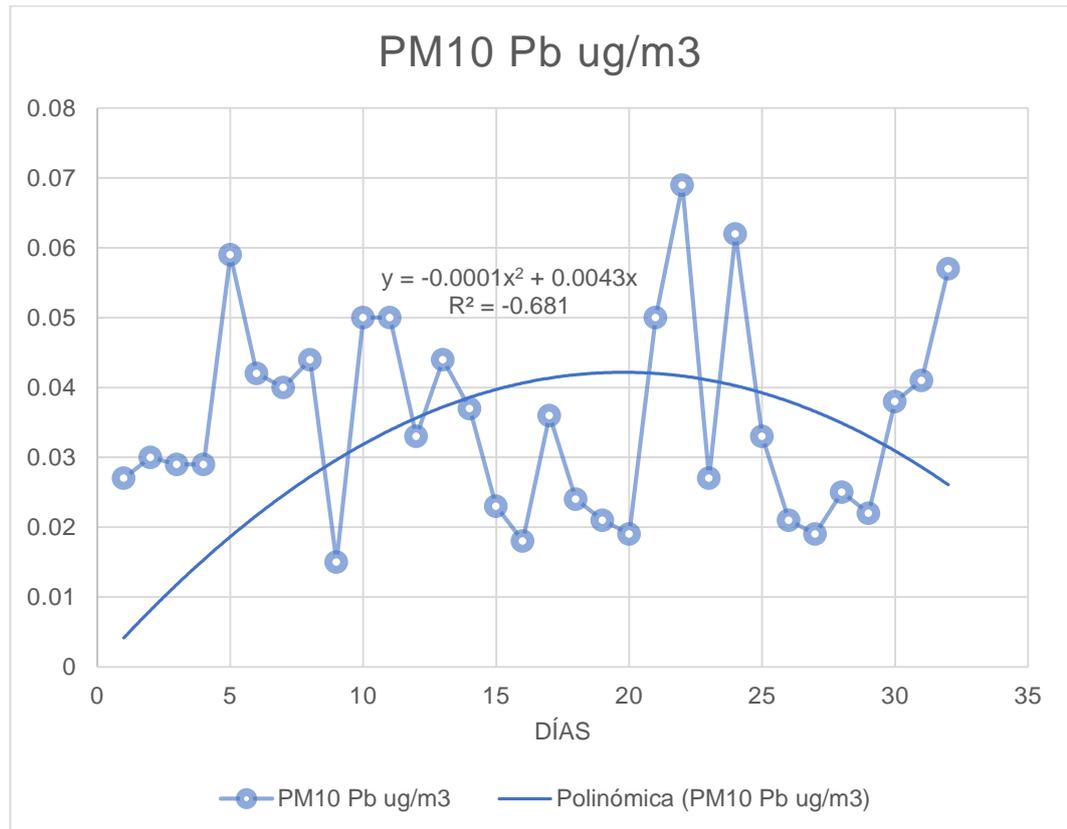
$$PM10(x = 33) = 0.0355 \tag{6}$$

Seguidamente trabajamos los mismos 32 datos de este punto de monitoreo champamarca con el modelo no lineal qué dicho sea de paso es una polinómica de

grado 4 la que ajusta mejor la concentración de material particulado de plomo, para el día 33, la concentración es de 0.033  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo el modelo que menos se ajusta a los datos reales.

**Figura 14**

*Tendencia para los 4 días siguientes del modelo no lineal punto de monitoreo Champamarca (CH-203).*



Nota. Hoja de cálculo MS Excel

$$PM10(x = 33) = -0.0001 * (33)^2 + 0.0043 * (33) \quad (7)$$

$$PM10(x = 33) = 0,033 \quad (8)$$

la concentración es de 0.033  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo el modelo que menos se ajusta a los datos reales.

**Discusión de resultados, Aplicación del modelo ARIMA para hallar los pronósticos y tendencias de los puntos de monitoreos (Q-01 y CH-203).**

**Determinándose su: tendencia** punto (Q-01) para 3 días: 0.03311, 0.0317 y 0.0321  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Punto: (CH-203), tendencia para 4 días: 0,032070, 0.01961, 0.0279 y 0.03115, concentraciones de (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por periodo de 24 horas lo corrobora la Normativa referencial (AAQC). No existiendo tendencias con nivel de creciente de riesgo con valores que superan los 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para contaminantes de Plomo en material particulado menor a  $\text{PM}_{10}$ .

En ese sentido los hallazgos encontrados para este estudio coinciden con lo establecido por **García Nieto et al. (2018)**. En su investigación “Estimación de la concentración de  $\text{PM}_{10}$  a partir de datos de calidad del aire en las proximidades de una importante planta siderúrgica en el área metropolitana de Avilés (norte de España) utilizando técnicas de aprendizaje automático”, donde mencionaron en su estudio: *“Las simulaciones mostraron que el modelo ARIMA funciona mejor que los otros modelos cuando se pronostica con un mes de antelación”*.

Además, coincide con los hallazgos de los investigadores. Zafra et al. (2017) en su estudio **“Análisis ARIMA del efecto de la cobertura de la superficie terrestre en las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  en una mega ciudad de gran altitud”**. “Utilizaron en su estudio de investigación modelos ARIMA para el análisis temporal del desbroce de la cobertura del suelo en las concentraciones diarias del material particulado  $\text{PM}_{10}$ , monitoreadas en seis estaciones automáticas”.

*“Controlando la estabilidad atmosférica y la distribución espacial del área de la cobertura del suelo, los resultados de esta investigación han demostrado, la gran importancia de la aplicación del modelo ARIMA”*

También coincide con lo expresado la fuente de estudio de **Sosa et al. (2018)**, en el estudio intitulado **“Modelo de pronóstico ARIMA en el monitoreo de parámetros ambientales”** establecen *“Para evaluación de series de tiempo, de*

*contaminantes atmosféricos del material particulado PM<sub>10</sub>, sugiere que su implementación contribuirá en una importante mejora y tener una calidad de aire de la ciudad.”*

Los resultados en la presente investigación concuerdan con el sustento teórico planteado anteriormente y también llegamos a determinar nuestro segundo objetivo específico del estudio.

## CONCLUSIONES

1. Se estableció que al determinar la evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018. La evaluación en ambos puntos de monitoreo de la concentración de plomo (Pb) en el material particulado  $PM_{10}$ , concluyen que no se generan riesgos significativos que podrían dañar a la salud pública y bienestar de la población ni para el medio ambiente, por contaminación de concentración de (Pb) en el Aire, en las labores de la remediación ambiental de la desmontera Excélsior (movimiento de tierras, carguío, transportes, almacenamiento).
2. Se estableció que la presencia del proyecto de plan de cierre de la desmontera Excélsior en cumplimiento de la declaración de ambiental de la ciudad de cerro de pasco decreto supremo N°020-2017-SA, está logrando evidenciar beneficiando ambientalmente como minimizar la concentración de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el material particulado  $PM_{10}$ . la calidad del aire.
3. Se estableció que al determinar su tendencia del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018. Las tendencias en ambos puntos de monitoreo de la concentración de plomo (Pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el material particulado  $PM_{10}$  concluyen con una tendencia ligera baja de concentración de plomo que no perjudican la calidad del aire.
4. Se concluye que el modelo Autoregresivo integral de media móvil ARIMA, resulta ser más precisa y se acerca a los valores reales para hallar el pronóstico y tendencia de la concentración de plomo (pb)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el proyecto de plan de cierre de la

desmontera Excélsior, que el modelo lineal y no lineal para determinar las tendencias de parámetros temporales ambientales en este estudio.

## RECOMENDACIONES

Después de haber realizado las conclusiones se presentan las siguientes recomendaciones: en relación a las variables material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb) y modelo ARIMA.

- En cuanto a al comportamiento de la evaluación de la dispersión de material particulado  $PM_{10}$  de concentración de plomo (Pb), se recomienda continuar con la vigilancia ambiental de la calidad del aire en la comunidad campesina de Quiulacocha y el centro poblado de Champamarca, Distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, para mitigar efectos de contaminantes a la salud ,de tóxicos como el aire contaminado, de plomo (Pb) en el material particulado  $PM_{10}$ .
- En cuanto al modelo ARIMA, en la actualidad en plena era del conocimiento los modelos estadísticos **de pronóstico** permiten modelar diferentes escenarios que son parte de la secuencia de simulación que pueden cumplir el propósito de la toma de decisiones apropiada. con una gran cantidad de datos de manera estacional y que a mayor sea los reportes, los modelos autorregresivos presentaran mayor precisión en sus pronósticos por lo que sugerimos también recopilar datos anualmente por lo menos de 4 a 5 años.
- Realizar Charlas para despertar conciencia de las personas sobre la contaminación del aire y los riesgos asociados para su salud y la de sus hijos dirigidas por organizaciones como colegios profesionales, Instituciones educativas, gobiernos regionales, locales.
- Realizar de parte de los organismos del estado según su competencia, población y empresa, evaluaciones ambientales de calidad del aire, campañas médicas, exigir el cumplimiento de cierres de minas para poder mitigar las partículas toxicas en el aire, trazando un plan anual, por la gravedad y efectos de tener un aire contaminado por

partículas de metales pesados ya que nuestro estudio se encuentra en una zona industrial minera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016). Metodología de la investigación. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.
- Abbas, K. (2014). *Using AIC to Test ARIMA Models | CoolStatsBlog*. CoolStatsBlog.  
<https://coolstatsblog.com/2013/08/14/using-aic-to-test-arima-models-2/>
- Amaris, G., & Guerrero, T. (2017). Aplicación de modelo ARIMA para el análisis de series de volúmenes anuales en el río Magdalena. *Tecnura*, 21(52), 88–101.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.2.a07>
- Amsac. (2017). *Pasco: comienza remediación de desmontera excelsior - portal amsac*.  
<https://www.amsac.pe/pasco-activos-mineros-inicia-remediacion-ambiental-de-desmontera-excelsior/>
- ARIMA y Alternativa Modelo ARIMA Representaciones (MATLAB, 2020).
- Blanco Obregón, J. M. (2018). El Ceibo (Ceiba sp.) como indicador de fuentes de contaminación atmosférica, en el Distrito de Chaclacayo, Lima, Perú. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias Geográficas*, 20(39), 93–100. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14171>
- Box-Jenkins. Libro sobre modelos ARIMA. (1970). ISBN: 978-84-692-3814-1, Gonzales Casimiro.
- Cesel Ingenieros. (2016). *Ingeniería de detalle para el abandono del desmonte Excelsior*.  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16684>
- El Proyecto de la investigación, introducción a la investigación científica 7° edición,

editorial episteme.

Escobar, A. A. H., Rodríguez, M. P. R., López, B. M. P., Ganchozo, B. I., Gómez, A. J. Q., & Ponce, L. A. M. (2018). Metodología de la investigación científica (Vol. 15). 3Ciencias.

Estadística y muestreo Ciro Martínez Bencardino Décima tercera edición, ecoe ediciones.

<https://drive.google.com/file/d/0BxZrZtId5f1gWUHLmRGX0ZrNnM/view?usp=sharing>

Estudio Conceptual: Descarga de Agua de la Relavera Quiulacocha en la Laguna Yanamate, Cerro de Pasco. Ego-Aguirre & Smuda S.A.C.(2013)

Feng, Q., Wu, S., Du, Y., Li, X., Ling, F., Xue, H., & Cai, S. (2011). Variaciones de las concentraciones de PM10 en Wuhan, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1–4), 259–271. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1581-6>

Franceschi, F., Cobo, M., & Figueredo, M. (2018). Descubriendo las relaciones y pronosticando las concentraciones de PM10 y PM2.5 en Bogotá Colombia, usando Redes Neuronales Artificiales, Análisis de Componentes Principales y agrupación de k-means. *Atmospheric Pollution Research*, 9(5), 912–922. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.02.006>

Fajardo Vargas, L. W., Torres Pereira, R., Brios Abanto, A. D., Aliaga Martínez, R. R., & Garcia Riega, J. I. (2018). Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, en el 2018.

García Nieto, P. J., Sánchez Lasheras, F., García-Gonzalo, E., & de Cos Juez, F. J. (2018).

Estimación de la concentración de PM10 a partir de datos de calidad del aire en las proximidades de una importante planta siderúrgica en el área metropolitana de Avilés (norte de España) utilizando técnicas de aprendizaje automático. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32(11), 3287–3298.  
<https://doi.org/10.1007/s00477-018-1565-6>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.

Ibañez Fauched, A. (2013). *Patrones de datos en la serie de tiempos*. Slideshare.  
<https://es.slideshare.net/breiniack/patrones-de-datos-en-la-serie-de-tiempos>

Metodología de la Investigación Diseño y ejecución Víctor Miguel Niño Rojas Bogotá : Ediciones de la U, 2011.

Matlab.2018. *Box-Jenkins Methodology - MATLAB & Simulink*. Mathworks.  
[https://www.mathworks.com/help/econ/box-jenkins-methodology.html?s\\_tid=srchtitle](https://www.mathworks.com/help/econ/box-jenkins-methodology.html?s_tid=srchtitle)

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico Plaza San Juan de la Cruz, 10 28071 Madrid (España)

Minam. (2017). Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM .- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. In El Peruano. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12871/DS-003-2017-MINAM.pdf>

Oms. (2016). Contaminación atmosférica ambiental: una evaluación global de la exposición y la carga de morbilidad.

Paúcar, R. (2015). Determinación de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa en la ciudad de Lima.

Rodríguez, P (2014). Monitoreo de calidad de aire en la ciudad de Morococha.

Rodríguez, M. C. M., & Cabrera, I. P. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería universitaria*, 4(1), 35-38.

Sosa, J., Roque, E., & Palomino, R. (2018). Modelo de pronóstico ARIMA en el monitoreo de parametros ambientales. *Ciencia y Desarrollo*, 21(2), 49. <https://doi.org/10.21503/cyd.v21i2.1631>

Técnicas estadísticas de procesamiento de datos.(Sánchez y Reyes, 2015; Hernández y Fernández y otros, 2014)

Time Series Analysis: Forecasting and Control” publicado en el año 1970.

Universidad Nacional del Sur- Departamento de Matemática septiembre 2016 - [fvillarreal@uns.edu.ar](mailto:fvillarreal@uns.edu.ar)

Valverde Flores, J. W. (2017). Evaluación de la calidad de aire en la intersección de la Av. Universitaria con Panamericana Norte - Los Olivos, Lima. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 19(38), 121–124. <https://doi.org/10.15381/ II geo.v19i38.13577>

Instituto tecnológico geominero de España, Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería, Madrid: Servicio de publicaciones del ITGE, Ministerio de industria y energía, 1994.

## **ANEXOS**

## **Instrumentos de Recolección de datos**

### **Anexo 1**

*Protocolo de monitoreo utilizado, resolución directoral n°1404-2005 –DIGESA -2005*

<b>PROTOCOLO</b>	<b>PAIS</b>	<b>INSTITUCION</b>	<b>INSTITUCION</b>	<b>AÑO</b>
<b>PROTOCOLO DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE Y GESTION DE LOS DATOS</b>	<b>PERU</b>	<b>DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA)</b>	<b>Resolucion Directoral N°1404-2005-DIGESA/SA</b>	<b>2005</b>

## Anexo 2

### Certificado de calibración del muestreador Hi-Vol.

#### REPORTE DE VERIFICACIÓN DE MUESTREADORES DE PARTÍCULAS HIVOL

##### 1. Descripción del Instrumento

Equipo : Muestreador de partículas  
 Marca : THERMO  
 Modelo : HIVOL  
 Serie : P9328  
 Código patrimonial : 60228409-0014  
 Ubicación : Cerro de Pasco

Medición : Flujo Volumétrico  
 Flujo : 1.13  
 Rango : 1.02 to 1.24 m3/min  
 Resolución : 0,056 m3/min  
 Exactitud : ± 3.0 %  
 Procedencia : USA

2. Fecha de Verificación 10/08/2018 Próxima Verificación

3. Lugar de Verificación Cerro de Pasco

4. Método de Verificación La verificación se realizó según el procedimiento indicado en el manual de operación del fabricante.

OPERATIONS MANUAL - TE-5000 Series, Particulate Matter 10 Microns and less U.S. EPA Federal Reference Number RFP5-0202-141 High Volume Air Sampler

5. Trazabilidad Los resultados de la verificación tienen trazabilidad. Se utilizaron los siguientes patrones:

Descripción	Marca	Serie / Lote	Nº Certificado
VARIFLOW	TISCH	2974	2974
PATRÓN DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA	CHINOOK ENGINEERING	C100207	LF-2282018

##### 6. Condiciones Ambientales

Temperatura (°C)	Temperatura (°K)	Presión Barométrica (mmHg)
18.0	291.0	459.9

##### 7. Resultados

Calibrador	
Slope (m)	Int (b)
1.01646	-0.00760

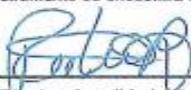
Pto	Orificio "H2O	Qa m3/min	Muestreador "H2O	Pf mm.Hg	Po/Pa	Tabla de verificación m3/min	% Diferencia
1	2.20	1.17	5.10	9.52	0.979	1.192	-2.04
2	2.25	1.18	7.10	13.25	0.971	1.181	0.03
3	2.30	1.19	9.10	16.98	0.963	1.171	1.95
4	2.33	1.20	11.20	20.90	0.955	1.161	3.41
5	2.33	1.20	12.00	22.40	0.951	1.156	3.83

% Diferencia: Las directrices de la EPA indican que la diferencia porcentual debe estar dentro de ± 4%. Si es mayor puede deberse a fugas presente durante la verificación y debería ser verificado nuevamente.

Cálculos	
$(Qa) = 1/m \cdot (\text{RAIZ}(\text{H2O} \cdot (\text{Ta/Pa}) - b)$	
$(Po/Pa) = 1 - Pf/Pa$	
$\% \text{ Diferencia} = (\text{Lock Up Flow} - Qa) / Qa \cdot 100$	

##### 8. Conclusión

- Los resultados del presente documento son válidos únicamente para el objeto verificado.
- El instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas por el fabricante.

  
 Técnico de calidad del aire  
 Pedro Miranda Rodríguez

  
 Coordinador de la gestión de muestras y equipos ambientales  
 Omer Navarro Acosta

# Procedimiento de validación y confiabilidad

## Anexo 3 Validación de Expertos

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS INFORMATIVOS:**

Apellido y Nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Mg. José Luis SOSA SANCHEZ	<b>Magister conferido por la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION	<b>Evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 Y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018</b>	<b>Ing. Teófanés SALAS ORIHUELA</b>
<b>Evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 Y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018</b>				

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
<b>1. CLARIDAD</b>	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
<b>2. OBJETIVIDAD</b>	Está expresado en conductas observables.					X
<b>3. ACTUALIDAD</b>	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
<b>4. ORGANIZACIÓN</b>	Existe una organización lógica.					X

<b>5. SUFICIENCIA</b>	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.						X
<b>6. INTENCIONALIDAD</b>	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.						X
<b>7. CONSISTENCIA</b>	Basado en aspectos técnico científicos de la tecnología educativa.						X
<b>8. COHERENCIA</b>	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.						X

<b>9. METODOLOGÍA</b>	La estrategia responde al propósito de la investigación.						X
<b>10. OPORTUNIDAD</b>	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado						X

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**  
Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus respectivas dimensiones.

**IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 100%**

<b>Cerro de Pasco, 2022</b>			
<b>Lugar y Fecha</b> Cerro de Pasco, 2022	DNI: 41433659	<b>Firma del experto</b>	<b>N°929915267 Celular</b>

  
Mg. José Luis SOSA SANCHEZ

41433659

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS INFORMATIVOS:**

Apellido y Nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA	<b>Grado de Doctor conferido por la Universidad Nacional Del Centro del Perú</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION	<b>Evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 Y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018</b>	<b>Ing. Teófanos SALAS ORIHUELA</b>
<b>Evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 Y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018</b>				

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					X
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
5. SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.					X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.					X
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.					X
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.					X

9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado					X
<b>III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:</b> Instrumento adecuado para ser aplicado en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus respectivas dimensiones.						
<b>IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 100%</b>						

Cerro de Pasco, 2022			
Lugar y Fecha Cerro de Pasco, 2022	DNI: 19910127	Firma del experto	Nº 994314835 Celular



---

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA.

19910127

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**FICHA DE VALIDACIÓN Y/O CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS INFORMATIVOS:**

Apellido y Nombres del Informante	Grado Académico	Cargo o Institución donde labora	Instrumento de Evaluación	Autor (a) del Instrumento
Dr Sanyorei PORRAS COSME	<b>Doctora conferida por la Universidad Nacional Federico Villarreal</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRON	<b>Evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 Y CH-203), Distrito simón Bolívar, Pasco, 2018</b>	<b>Ing. Teófanos SALAS ORIHUELA</b>

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0- 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
<b>1. CLARIDAD</b>	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
<b>2. OBJETIVIDAD</b>	Está expresado en conductas observables.					X
<b>3. ACTUALIDAD</b>	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
<b>4. ORGANIZACIÓN</b>	Existe una organización lógica.					X

<b>5. SUFICIENCIA</b>	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad.							X
<b>6. INTENCIONALIDAD</b>	Está adecuado para valorar aspectos del sistema de evaluación y el desarrollo de capacidades cognitivas.							X
<b>7. CONSISTENCIA</b>	Basado en aspectos teórico científicos de la tecnología educativa.							X
<b>8. COHERENCIA</b>	Entre los índices, indicadores y las dimensiones.							X

<b>9. METODOLOGÍA</b>	La estrategia responde al propósito de la investigación.							X
<b>10. OPORTUNIDAD</b>	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno y más adecuado							X

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

Instrumento adecuado para **ser aplicado** en la investigación por los puntajes alcanzados al ser evaluado en estricta relación con las variables y sus respectivas dimensiones.

**IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 100%**

<b>Lugar y Fecha</b> <b>Cerro de Pasco,</b> <b>2022</b>	DNI: 40144077	<b>Firma del experto</b>	<b>Nº Celular</b> 951916154
---	---------------	--------------------------	--------------------------------



Dr. Sanyorei PORRAS COSME

40144077

## Anexo 4: Matriz de Consistencia

**Titulado:** “Evaluación del material particulado  $PM_{10}$  de plomo (Pb) para determinar su tendencia aplicando el modelo Arima, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018”

PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICOS	VARIABLES	METODOLOGIA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> PG.- De qué manera la evaluación del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb) <math>\mu g/m^3</math> contribuirá para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <p>PE.1.- ¿Qué resultados se obtendrá al determinar la evaluación del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb) <math>\mu g/m^3</math>, puntos de monitoreo (Q-01 y CH- 203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018?</p> <p>PE.2.-¿Qué resultados se obtendrá al determinar la tendencia del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb) <math>\mu g/m^3</math>, aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-2 03), Distrito Simón Bolívar, Pasco,2018?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> O.G.- Evaluar la concentración del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb) <math>\mu g/m^3</math> para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> OE.1.- Con los resultados obtenidos se podrá determinar la evaluación del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb), puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018. OE.2.- Con los resultados obtenidos se podrá determinar la tendencia del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb) <math>\mu g/m^3</math>, aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b> HG. - Con la evaluación del registro del laboratorio químico de concentración del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb) <math>\mu g/m^3</math>, se cuantificará para determinar su tendencia aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS:</b></p> <p>HE.1.- Con los resultados obtenidos se podrá determinar la evaluación del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb), puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018. HE.2.- Con los resultados obtenidos se podrá determinar la tendencia del material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb) <math>\mu g/m^3</math>, aplicando el modelo ARIMA, puntos de monitoreo (Q-01 y CH-203), Distrito Simón Bolívar, Pasco, 2018</p>	<p><b>Variable 1:</b> Material particulado <math>PM_{10}</math> de plomo (Pb). <b>Dimensiones</b> Evaluación del material particulado de plomo (Pb) en el material particulado <math>PM_{10}</math></p> <p><b>Indicadores</b> Concentración de plomo (Pb) en el material particulado <math>PM_{10}</math> por un periodo de 24 horas/anual. ininterrumpidas <math>\mu g/m^3</math></p> <p><b>Escala de medición</b> <math>\mu g/m^3</math></p> <p><b>Variable 2:</b> Modelo ARIMA <b>Dimensiones</b> Tendencia basada en el reporte/t (En función al tiempo. (p,d, q). <b>Indicadores</b> Modelo Predictivo <b>Escala de medición</b> <math>\mu g/m^3</math></p>	<p><b>Investigación de tipo:</b> Aplicada <b>Nivel de investigación</b> Predictivo</p> <p><b>Método de investigación</b> Método científico</p> <p>Hipotético deductivo</p> <p><b>Diseño de investigación</b> Es de enfoque cuantitativo, longitudinal de tendencia, de no experimental.</p>	<p><b>Técnicas</b> La observación. <b>Instrumento</b> El registro</p> <p><b>Población de Estudio:</b> La población en nuestro estudio es el conjunto de partículas atmosféricas suspendidas totales menores de diámetro aerodinámico de 10 <math>\mu</math> (micrómetros).</p> <p><b>Muestra de estudio:</b> La muestra estuvo conformada por la concentración de Plomo en el material particulado menores a <math>PM_{10}</math>. <math>\mu g /m^3</math> Punto de monitoreo Quiulacocha (Q-01) ,20 datos de concentración de plomo en <math>PM_{10}</math> <math>\mu g /m^3</math> Punto de monitoreo Champamarca (CH-203) , 36 datos de concentración de plomo en <math>PM_{10}</math> <math>\mu g /m^3</math></p> <p><b>Muestreo:</b> El muestreo estuvo compuesto por el número de muestreo del punto (Q-01) que presenta 20 datos y (CH-203) que es representado por 36 datos de concentración de Pb en el material particulado menores a <math>PM_{10}</math>. <math>\mu g /m^3</math></p>

**Anexo 5:** Matriz de operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<p><b>VARIABLE 1</b></p> <p>Material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb).</p>	<p>Evaluación: Material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb).</p> <p>Como <b>evaluación</b> denominamos la <b>acción y efecto de evaluar</b>. La palabra, como tal, deriva de <b>evaluar</b>, que a su vez proviene del francés <i>évaluer</i>, que significa ‘determinar el valor de algo.</p> <p>Material Particulado generado por diversas actividades extractivas y cuyos efectos es la polución.</p> <p><a href="https://dle.rae.es/evaluaci%C3%B3n">https://dle.rae.es/evaluaci%C3%B3n</a>.</p> <p>ECA Aire, Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM/ Promedio por 24 horas que también lo corrobora la AAQC, valores que no superan los 0,5 µg/m<sup>3</sup> x 24 horas, para contaminantes de Plomo. Material particulado. (PM<sub>10</sub>).</p> <p>El peruano / miércoles 7 de junio de 2017/.6 NORMAS LEGALES</p>	<p>Material generado por diversas actividades productivas mediante la polución diminutos cuerpos solidos o líquidos presentes en la atmosfera y se clasifican según su tamaño en micras.</p>	<p>Evaluación del material particulado PM<sub>10</sub> de plomo (Pb).</p>	<p>Concentración de plomo (Pb) en el material particulado PM<sub>10</sub> por un periodo de 24 horas/anual. ininterrumpidas µg/m<sup>3</sup></p>	<p>µg/m<sup>3</sup></p>

<p><b>VARIABLE 2</b></p> <p>Modelo ARIMA.</p>	<p>Modelo ARIMA. Es un modelo estadístico de pronóstico autorregresivo integrado que utiliza variaciones y regresiones de datos, con el fin de encontrar patrones, tendencia basada en el reporte y parámetros (p, d, q), el modelo se ajusta a la serie temporal para una tendencia, predicción hacia el futuro, en el particular en series temporales. Metodología de Box-Jenkins (1976). No fue un único modelo de serie temporal, sino toda una familia de ellos que pudiesen ajustarse para explicar la evolución de una variable a lo largo del tiempo.</p> <p>“Time Series Analysis: Forecasting and Control” publicado en el año 1970.</p>	<p>Modelo de pronóstico autorregresivo. (coeficiente de autocorrelación)</p>	<p>Tendencia basada en el reporte/t (En función al tiempo.(p,d,q)</p>	<p>Modelo Predictivo</p>	<p>Gráficos Pronostico de tendencia <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></p>

Nota. Fuente de la investigación

Anexo 6

Carta N°00136 -2020 – OEFA/RAI, acceso a la información por parte de la OEFA



Lima, 30 de enero de 2020

2020-E01-007376

**CARTA N° 00136-2020-OEFA/RAI**

Señor  
**TEOFANES SALAS ORIHUELA**  
tsalaso@hotmail.com  
Pasco.-

Referencia : Solicitud de acceso a la información pública del 17.01.2020  
(Expediente N° 2020-E01-007376)

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, mediante el cual requiere que se le brinde la siguiente información:

*"[SIC] Datos del monitoreo realizado por la entidad OEFA, del aire, desde el año 2017 a la fecha, Distrito de Tinyahuarco, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco, Área de Influencia minera, por la sociedad Minera el Brocal. También solicito Datos del monitoreo realizado por la entidad OEFA, del aire, desde el año 2017 a la fecha, Quiulacocha y Champamarca, Distrito de Simon Bolivar, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco, Área de Influencia minera, por la actividad del plan de cierre desmontera Excelsior, Activos Mineros"*

Sobre el particular, en relación al extremo de su solicitud referido a *"Datos del monitoreo realizado por la entidad OEFA, del aire, desde el año 2017 a la fecha, Quiulacocha y Champamarca, Distrito de Simon Bolivar, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco, Área de Influencia minera, por la actividad del plan de cierre desmontera Excelsior, Activos Mineros"* la Dirección de Evaluación Ambiental (en adelante, la **DEAM**) remitió vía correo electrónico institucional la copia digital de los siguientes informes:

- 010-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 011-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 359-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 360-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 082-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 083-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 161-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 181-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 215-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 229-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 238-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 295-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 264-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 265-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 296-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 318-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 321-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 370-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 371-2018-OEFA-DEAM-STEC,
- 267-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 020-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 047-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 067-2019-OEFA-DEAM-STEC,

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Av. Faustino Sánchez Carrión 603, 607 y 615  
Jesús María, Lima - Perú  
Telf. (511) 204 9900



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de  
Evaluación y  
Fiscalización Ambiental

Responsable de Acceso  
a la Información Pública

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la Universalización de la Salud"

- 102-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 139-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 167-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 189-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 207-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 316-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 019-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 048-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 068-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 101-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 146-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 168-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 190-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 205-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 263-2019-OEFA-DEAM-STEC,
- 344-2019-OEFA-DEAM-STEC.

En ese contexto, se pone a su disposición la información mencionada, la cual será remitida sin costo alguno al correo electrónico consignado en su solicitud, conforme a lo estipulado en el Artículo 12° del Reglamento de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 072-2003-PCM.

Por otro lado, en relación al extremo de su solicitud referido a *"Datos del monitoreo realizado por la entidad OEFA, del aire, desde el año 2017 a la fecha, Distrito de Tinyahuarco, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco, Área de Influencia minera, por la sociedad Minera el Brocal"* la DEAM comunicó que, posterior a la búsqueda del acervo documentario de la mencionada Dirección, se determinó que no se registra información del área en consulta.

Es preciso indicar que, en el marco de lo establecido en el tercer párrafo del artículo 13° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM, la solicitud de información no implica la obligación de las entidades de la Administración Pública de crear o producir información con la que no cuente o no tenga obligación de contar al momento de efectuado el pedido.

Atentamente,



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

Firmado digitalmente por:  
LEVANO CÁNO Angelo Alberto  
FIR 41225904 hard  
Cargo: Responsable de Acceso  
a la Información Pública (RAI)  
Lugar: Sede Central -  
Lima/Lima Jesús María  
Motivo: Soy el autor del  
documento

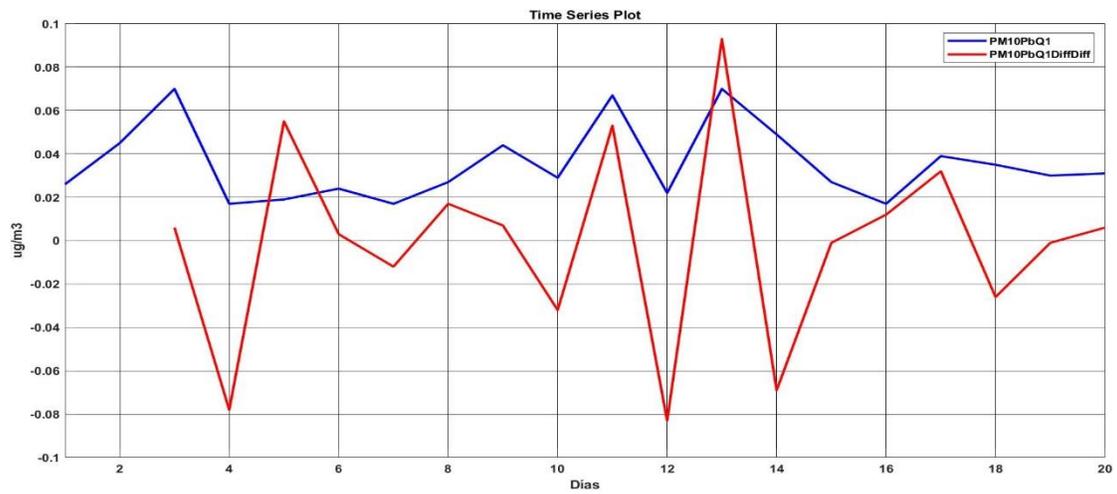
ALC/amc

[www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)

Av. Faustino Sánchez Carrión 603, 607 y 615  
Jesús María, Lima - Perú  
Telf. (511) 204 9900

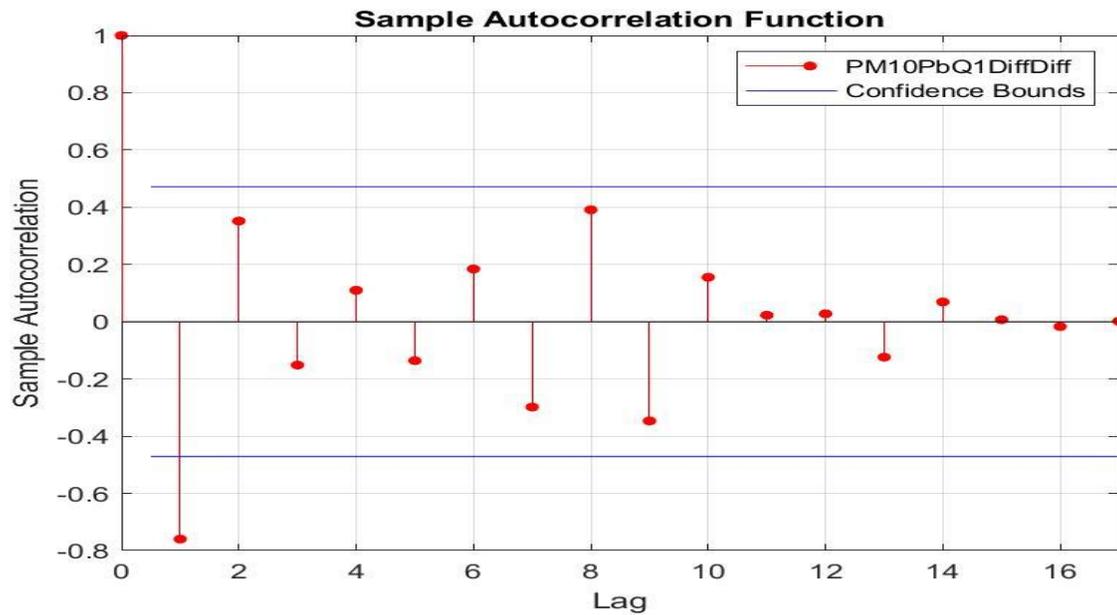
## Anexo 7

*Comparación de la serie de datos de Quiulacocho que determina su estacionaridad*



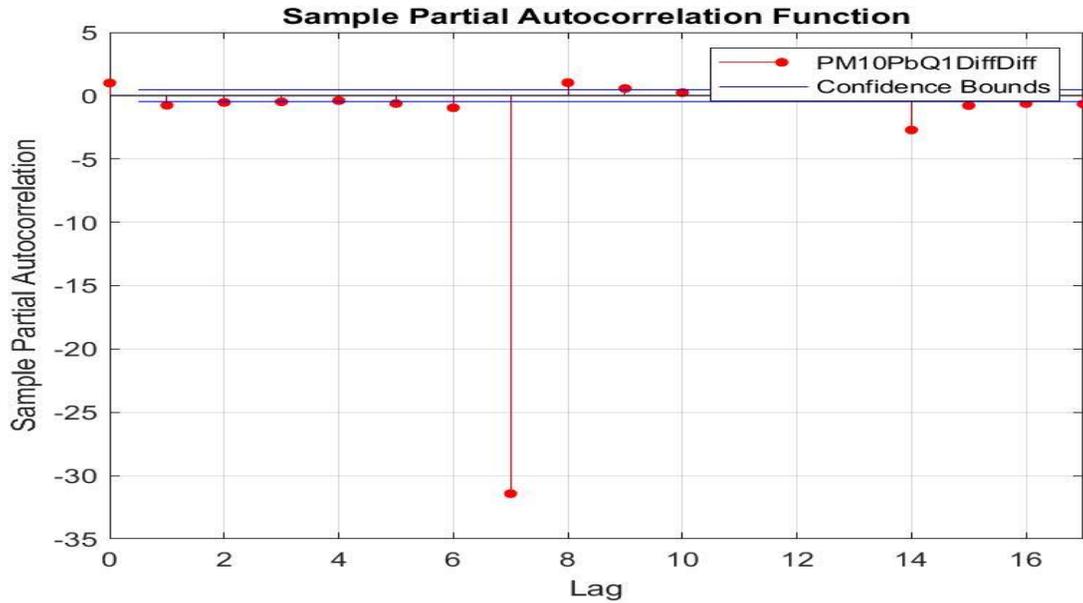
## Anexo 8

*Función de autocorrelación simple que determina el coeficiente de Media móvil del Modelo ARIMA de Quiulacocho*



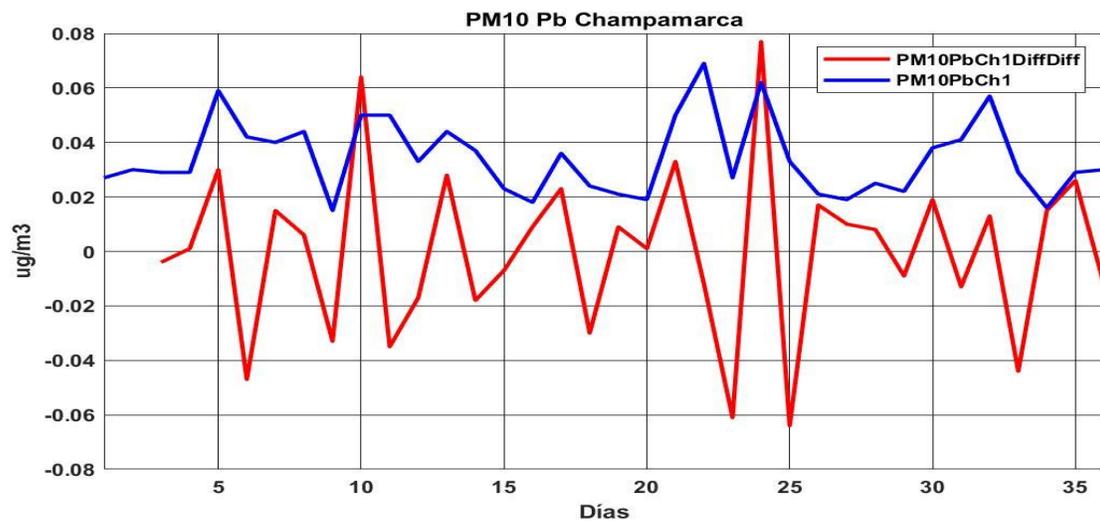
## Anexo 9

*Función de autocorrelación parcial que determina el coeficiente de autoregresión del modelo ARIMA de Quiulacocho*

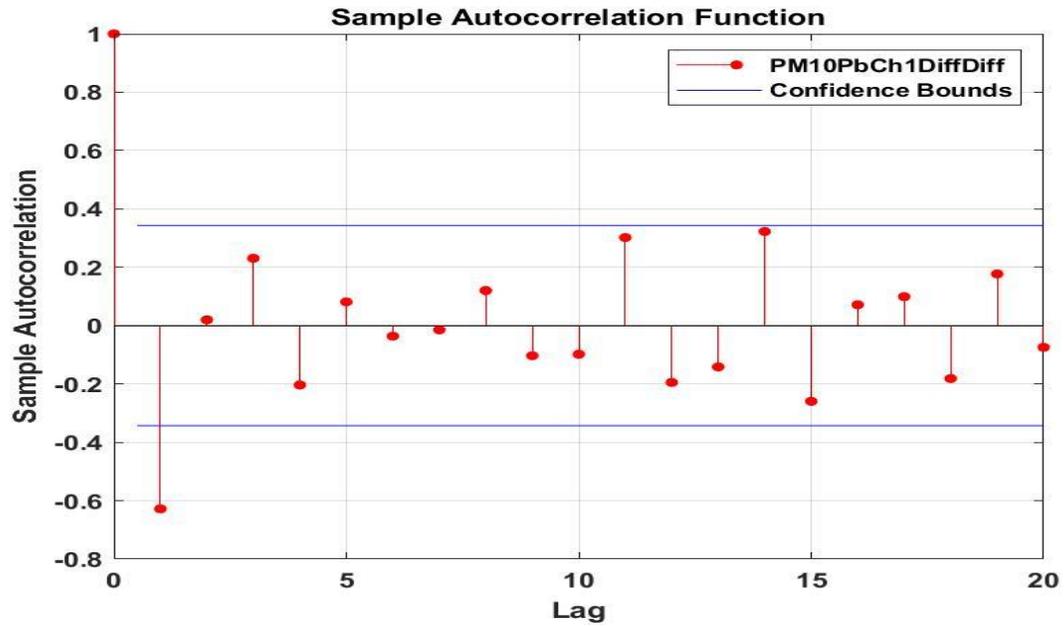


## Anexo 10

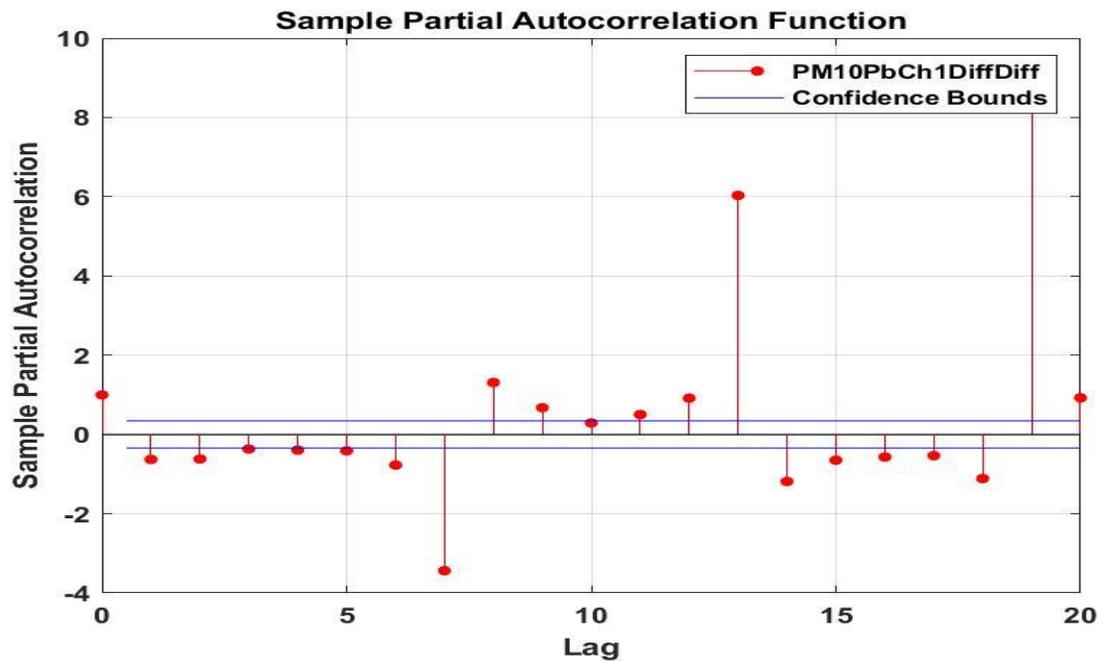
*Comparación de la serie de datos de Champamarca que determina su estacionariedad*



**Anexo 11:** *Función de autocorrelación simple que determina el coeficiente de Media Móvil del modelo ARIMA de Champamarca*



**Anexo 12:** *Función de autocorrelación parcial que determina el coeficiente de autoregresión del modelo ARIMA de Quiulacocha*



## Anexo 13: Informe N°00010-2019-OEFA/DEAM –STEC



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

2019-101-005827

### INFORME N° 00010-2019-OEFA/DEAM-STEC

A	:	<b>FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN</b> Director de Evaluación Ambiental
DE	:	<b>LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS</b> Subdirector de la Subdirección Técnica Científica
		<b>RINA TORRES PEREIRA</b> Especialista de Evaluaciones Ambientales
		<b>ANDRÉS DANIEL BRIOS ABANTO</b> Especialista de Evaluaciones Ambientales
		<b>RULMAN RAPHAEL ALIAGA MARTÍNEZ</b> Asistente de Evaluaciones Ambientales
ASUNTO	:	Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, diciembre de 2018.
C.U.E.	:	2018-02-0002
C.U.C.	:	003-12-2018-401
REFERENCIA	:	Planefa 2018
FECHA	:	Lima, 31 de enero de 2019

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informar lo siguiente:

#### 1. INFORMACIÓN GENERAL

Los aspectos generales de la vigilancia ambiental realizada en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco son presentados en la Tabla 1-1.

**Tabla 1-1.** Información general respecto de la actividad realizada

a.	Ubicación general	Distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.
b.	Ámbito de influencia	Parque infantil, ubicado en la calle Huancavelica S/N, del centro poblado de Quiulacocha adyacente a las operaciones de Óxidos de Pasco S.A.C. y Empresa Administradora Cerro S.A.C.
c.	Problemática	Presunta afectación de la calidad del aire debido a actividades de remoción de material en la zona aledaña al parque infantil por parte de la empresa Óxidos de Pasco S.A.C. y Empresa Administradora Cerro S.A.C.
d.	Antecedentes	Planefa 2018
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia ambiental
f.	Periodo de ejecución	Del 6 al 31 de diciembre 2018

## 2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

El componente ambiental y los parámetros evaluados en la vigilancia realizada en el distrito de Simón Bolívar se presentan en la Tabla 2-1.

**Tabla 2-1.** Resumen del componente ambiental y los parámetros evaluados en la estación de vigilancia CA-SB-01

Componente evaluado	Número de estaciones de vigilancia	Incumplimiento de ECA u otras normas de referencia	Parámetros Evaluados	Parámetros que incumplen
Aire	1	No	SO <sub>2</sub> <sup>(a)</sup>	-
		No	PM <sub>10</sub> <sup>(a)</sup>	-
		No	Metales en PM <sub>10</sub> <sup>(b)</sup>	-

«-»: Sin excedencias

(a) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM

(b) Comparada referencialmente con los *Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC)* – Abril 2012

## 3. ANTECEDENTES

En diciembre de 2016, mediante informe N.º 117-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI, la Dirección de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), dio a conocer las acciones realizadas en el marco de la mesa de desarrollo Simón Bolívar<sup>1</sup>, en donde realizó un monitoreo de calidad del aire en los centros poblados de Paragsha, Champamarca y Quiulacocha ubicados en el distrito de Simón Bolívar, analizándose parámetros como material particulado con diámetro menor a 10 micras (en adelante, PM<sub>10</sub>), material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (en adelante, PM<sub>2,5</sub>) y metales en PM<sub>10</sub>. El monitoreo se efectuó del 3 al 23 de octubre de 2016, concluyendo que no se excedieron los estándares de calidad ambiental para aire vigentes en el 2016. Cabe mencionar que, el estudio abarcó las zonas donde se encuentran ciertos componentes de mina (Stock Piles), los que podrían ser fuentes potenciales de material particulado y metales en el aire.

De acuerdo al informe N.º 119-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI<sup>2</sup>, se presume que la posible fuente de contaminación serían los suelos, puesto que contienen concentraciones de metales pesados que, por acción de la remoción y/o como consecuencia de la acción del viento, pueden ser resuspendidos en el aire. Por otro lado, se observó que el flujo vehicular de terceros en el área de estudio es muy bajo.

En setiembre de 2017<sup>3</sup>, el OEFA, asumió el compromiso de realizar la vigilancia ambiental de calidad del aire con una unidad móvil por 90 días calendario, en el distrito de Simón Bolívar. Los parámetros previstos para la medición fueron PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, dióxido de azufre (en adelante, SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (en adelante, NO<sub>2</sub>). Adicionalmente, se estableció la medición diaria de variables meteorológicas y la determinación de metales en PM<sub>10</sub> cada 7 días calendario.

Mediante Oficio N.º 079-2017-GSL-MDSB/PASCO, la municipalidad distrital de Simón Bolívar comunicó, que el lugar para la instalación de la estación de vigilancia ambiental, sería en el parque infantil, ubicado en la calle Huancavelica, del centro poblado de Paragsha.

<sup>1</sup> Conformado por autoridades del Poder Ejecutivo, Gobierno Regional de Pasco, Municipalidad Distrital de Simón Bolívar y representantes locales del distrito.

<sup>2</sup> El 29 de diciembre de 2016, la Dirección de Evaluación del OEFA, aprobó el informe de Identificación de sitios contaminados en el ámbito de la subcuenca del río San Juan, 2016, el cual tuvo como áreas de interés zonas de los distritos de Simón Bolívar y Tinyahuarco de la provincia y departamento de Pasco.

<sup>3</sup> Acta de reunión informativa por parte del OEFA, de fecha 7 de setiembre del 2017, en la cual se precisa el compromiso por parte de OEFA, debido a los trabajos de remoción del material realizados en Paragsha por la Empresa Minera Óxidos de Pasco S.A.C. en el marco de la medida preventiva relacionada a la Resolución Directoral N.º 008-2016-OEFA/DS.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental -  
OEFA

Dirección de Evaluación  
Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

La Dirección de Evaluación Ambiental (en adelante, DEAM) del OEFA en el marco de su función evaluadora y en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental - 2018 (en adelante, Planefa 2018), programó la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el centro poblado de Paragsha, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco en el año 2018.

En informe N.º 0181-2018-OEFA/DEAM-STEC, vigilancia ambiental de calidad de aire (CA-SB-01), realizado del 1 al 30 de abril, en el distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, se indica que las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $SO_2$ , no excedieron los ECA para aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM). Los vientos en horario diurno (7:00 h - 11:00 h), provienen de la dirección de los componentes de mina y se dirigen hacia el punto de vigilancia ambiental, con vientos del tipo ventolina. Respecto a la data histórica de la evolución diaria de enero a abril para  $SO_2$  no se presenta excedencia a los ECA para aire.

En informe N.º 0215-2018-OEFA/DEAM-STEC, vigilancia ambiental de calidad de aire (CA-SB-01), realizado del 1 al 31 de mayo, en el distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, se indica que las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $SO_2$ , no excedieron los ECA para aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM). Las concentraciones diarias de metales en  $PM_{10}$  monitoreadas los días 22, 23 y 24 de mayo, no excedieron la normativa referencial canadiense (*Ontario's Ambient Air Quality Criteria –2012*). El incremento de la concentración de  $PM_{10}$  se dieron en el rango de 6:00 y 9:00 horas y entre las 16:00 y 20:00 horas. Respecto a la data histórica de la evolución diaria de enero a mayo para  $SO_2$  y de abril a mayo para  $PM_{10}$ , ninguno de los parámetros excedió los ECA para aire.

En informe N.º 0229-2018-OEFA/DEAM-STEC, vigilancia ambiental de calidad de aire (CA-SB-01), realizado del 1 al 30 de junio, en el distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, se indica que las concentraciones de  $SO_2$ , no excedieron los ECA para aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM). Respecto a la data histórica de la evolución diaria de enero a junio para  $SO_2$  y de abril a mayo para  $PM_{10}$ , ninguno de los parámetros excedió los ECA para aire.

En informe N.º 0265-2018-OEFA/DEAM-STEC, vigilancia ambiental de calidad de aire (CA-SB-01), realizado del 1 al 31 de julio, en el distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, se indica que las concentraciones de  $SO_2$ , no excedieron los ECA para aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM). Respecto a la data histórica de la evolución diaria de enero a julio para  $SO_2$  y de abril, mayo y julio para  $PM_{10}$ , ninguno de los parámetros excedió los ECA para aire. Respecto a la evolución diaria histórica de mayo y julio de 2018 para el plomo en  $PM_{10}$ , no excedieron la normativa referencial canadiense establecidos en  $0,5 \mu g/m^3$  (Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC)).

En informe N.º 0296-2018-OEFA-DEAM-STEC, la vigilancia ambiental de calidad de aire (CA-SB-01), realizado del 1 al 9, 20, 21 y 22 de agosto de 2018, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, se indica que las concentraciones de  $SO_2$ , no excedieron los ECA para aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM). Respecto a la data histórica de la evolución diaria de enero a agosto para  $SO_2$  y de abril, mayo, julio y agosto para  $PM_{10}$ , ninguno de los parámetros excedió los ECA para aire. Respecto a la evolución diaria histórica de mayo, julio y agosto de 2018 para el plomo en  $PM_{10}$ , no excedieron la normativa referencial canadiense establecidos en  $0,5 \mu g/m^3$  (Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC)).

En informe N.º 0321-2018-OEFA-DEAM-STEC, la vigilancia ambiental de calidad de aire (CA-SB-01), realizado del 1 al 30 de setiembre de 2018, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, se indica que las concentraciones de  $SO_2$ , no excedieron los ECA para aire (D.S. N.º 003-2017-MINAM). Respecto a la data histórica de la evolución diaria de enero a agosto para  $SO_2$  y de abril, mayo, julio, agosto y setiembre para  $PM_{10}$ , ninguno de los parámetros excedió los ECA para aire. Respecto a la evolución diaria histórica de mayo, julio, agosto y setiembre de 2018 para el plomo en  $PM_{10}$ , no excedieron



«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
- Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica		

(\*): Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos, de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)

\*\* fuente: Informe de ensayo N° DIC1171.R18. Laboratorio CERTIMIN S.A.

“-”: No aplica

**Tabla 6-4.** Equipos utilizados en la vigilancia ambiental de la calidad de aire en el centro poblado de Paragsha, distrito de Simón Bolívar

Equipo	Marca	Modelo	Parámetro	Certificado de calibración
Analizador automático de gases	Thermo Scientific	450i	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	LG - 1512017
Muestreador de alto volumen (HiVol) de material particulado	Thermo Scientific	G10557	Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	LF-3872017
Estación meteorológica	Campbell	CR1000	- Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	LM - 4902017

#### 6.4. Criterios de comparación

Las concentraciones obtenidas de SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> fueron comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (en adelante, ECA para aire) aprobadas por el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, según se indica en la Tabla 6-5.

**Tabla 6-5.** Estándares de calidad ambiental para aire de acuerdo al Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM

Parámetro	Periodo	Valor (µg/m <sup>3</sup> )	Criterio de evaluación
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras	24 horas	100	NE más de 7 veces al año
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales

NE: No exceder

Los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, para un periodo de 24 horas, se ha tomado la guía de calidad del aire de Canadá (*Ontario's Ambient Air Quality Criteria - 2012*) como estándares de referencia para dichos parámetros (Tabla 6-6). Asimismo, en las notas de dicha norma se indica que las concentraciones que se encuentran expresadas en µg/m<sup>3</sup> se encuentran a condiciones de 10 °C y 760 mmHg.

**Tabla 6-6.** Estándares de calidad de aire de Canadá para los contaminantes

CASRN	Contaminante	AAQC (µg/m <sup>3</sup> )	Tiempo promedio (h)
7440-36-0	Antimonio y compuestos de antimonio	25	24
7784-42-1	Arsénico y compuestos de arsénico	0,3	24
7440-41-7	Berilio y compuestos de berilio	0,01	24
7440-42-8	Boro	120	24
7440-43-9	Cadmio y compuestos de cadmio	0,025	24
7440-48-4	Cobalto	0,1	24

**PERÚ**Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental -  
OEFADirección de Evaluación  
Ambiental«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

CASRN	Contaminante	AAQC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo promedio (h)
7440-50-8	Cobre	50	24
7440-47-3	Cromo y compuestos	0,5	24
15438-31-0	Hierro (metálico)	4	24
7439-92-1	Plomo y compuestos de plomo	0,5	24
7439-96-5	Manganeso y compuestos de manganeso	0,2	24
7439-97-6	Mercurio (Hg)	2	24
7439-98-7	Molibdeno	120	24
7440-02-0	Níquel y compuestos de níquel	0,1	24
7782-49-2	Selenio	10	24
7440-22-4	Plata	1	24
7440-24-6	Estroncio	120	24
7440-31-5	Estaño	10	24
7440-32-6	Titanio	120	24
7440-61-1	Uranio y compuestos de uranio	0,15	24
7440-62-2	Vanadio	2	24
7440-66-6	Zinc	120	24

CASRN: Chemical Abstracts Services Registry Number o Número de Registro CAS.

Fuente: Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC) - abril 2012:  
[www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf](http://www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf)

### 6.5. Procesamiento de datos

El procesamiento de datos de 24 horas obtenidos de  $\text{SO}_2$  y  $\text{PM}_{10}$ , consistió en promediar las concentraciones horarias con un 75% de datos válidos de 24 horas (18 horas como mínimo), los cuales fueron comparados con el ECA para aire.

Los datos meteorológicos fueron procesados en base a las horas diurnas (07:00 h - 11:00 h), horas vespertinas (12:00 h - 18:00 h) y horas nocturnas (00:00 h - 6:00 h y 19:00 h - 23:00 h), con el fin de analizar y evaluar la influencia de la meteorología local sobre los contaminantes monitoreados y su posible procedencia, evolución y transporte local, durante la mañana, tarde y noche.

#### Cálculo de las concentraciones de $\text{PM}_{10}$ y metales

Las muestras de material particulado a obtenerse en los filtros de  $\text{PM}_{10}$  fueron enviadas a un laboratorio acreditado para la determinación de su peso, así como para el análisis de metales en filtros  $\text{PM}_{10}$ . Adicionalmente, para la determinación de  $\text{PM}_{10}$  se calculó el flujo según la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{std}} = Q_a \left( \frac{P_{\text{av}}}{T_{\text{av}}} \right) \left( \frac{T_{\text{std}}}{P_{\text{std}}} \right) \quad (6-1)$$

Donde:

$Q_{\text{std}}$  = Flujo promedio ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) a condiciones de referencia indicadas (i.e. 25 °C y 101,3 kPa).

$Q_a$  = Flujo promedio ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) a condiciones ambientales.

$P_{\text{av}}$  = Presión barométrica promedio durante el período de muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo (kPa o mmHg).

$T_{\text{av}}$  = Temperatura ambiente promedio durante el período de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo (K).

$T_{\text{std}}$  = Temperatura estándar (i.e. 298 K).

$P_{\text{std}}$  = Presión estándar (i.e. 101,3 kPa o 760 mmHg).

Una vez calculado el flujo promedio se procedió a calcular el volumen total de aire muestreado, el cual se obtiene de la ecuación 6-2.

$$V_{\text{std}} = (Q_{\text{std}})(t) \quad (6-2)$$

Donde:

$V_{std}$  = Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen ( $m^3$ ).

$t$  = Tiempo de muestreo (min).

Sobre la base de la diferencia de pesos (muestra/filtro) reportados por el laboratorio y los parámetros meteorológicos de presión y temperatura registrados en el lugar de muestreo se calculó la concentración de material particulado en unidades de masa por unidad de volumen, de acuerdo con la ecuación 6-3 obtenida de la metodología para la determinación de material particulado indicada en la tabla anterior.

$$C_{PM_{10}} = 10^{-6} \cdot (W_f - W_i) / V_{std} \quad (6-3)$$

Dónde:

$C_{PM_{10}}$  = Concentración de  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ).

$W_f - W_i$  = Diferencia de pesos final e inicial del filtro (g).

$V_{std}$  = Volumen de aire muestreado a condiciones estándar ( $m^3$ )<sup>5</sup>.

De manera análoga se determinó las concentraciones de metales totales e iones en el aire en los puntos de monitoreo, de acuerdo con la ecuación 6-4.

$$C_{Metal} = 10^{-6} \cdot (W_{metal}) / V_{std} \quad (6-4)$$

Dónde:

$C_{metal}$  = Concentración del metal ( $\mu g/m^3$ ).

$W_{metal}$  = Peso del metal en gramos (g).

$V_{std}$  = Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar en ( $m^3$ )

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección, se presenta las condiciones meteorológicas, los resultados del promedio de las concentraciones de 24 horas para  $SO_2$  (del 22 al 31 de diciembre),  $PM_{10}$  (del 6 al 31 de diciembre), metales en  $PM_{10}$  (del 5 al 7 de diciembre), y el análisis respectivo de la estación de vigilancia ambiental de calidad de aire CA-SB-01.

### 7.1. Resultado mensual

#### 7.1.1. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas registradas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01 son presentadas en la Tabla 7-1, y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo N.º 2. (Tabla N.º 2 datos meteorológicos).

Cabe precisar, que los sensores de precipitación, velocidad del viento y dirección del viento y, el equipo automático de  $SO_2$ , se encontraron en mantenimiento, recién del 22 de diciembre estuvo operativo, obteniéndose registro de datos a partir de esa fecha.

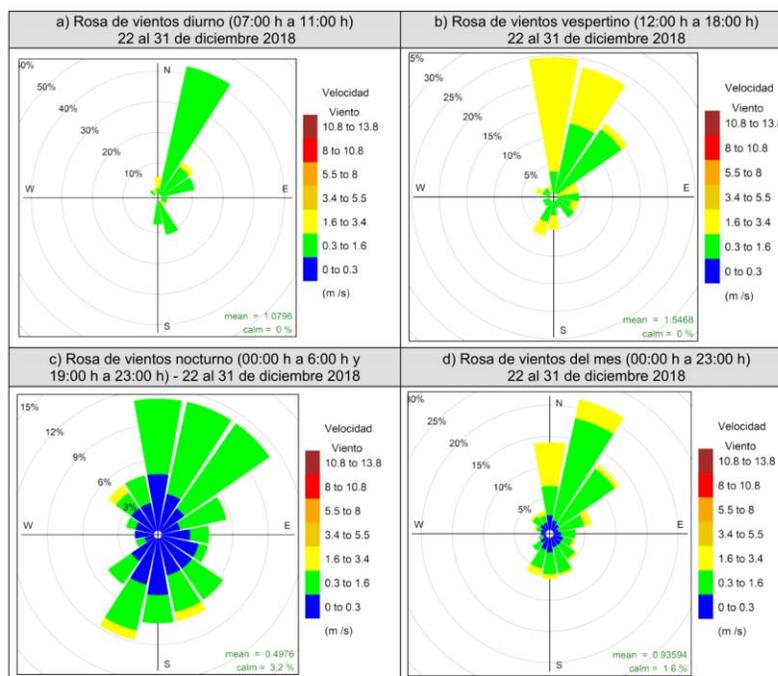
**Tabla 7-1.** Parámetros meteorológicos registrados en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, diciembre de 2018.

Valores	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Mínimo	0,9	42,6	456,0	0,0	0,0
Promedio	5,8	78,3	457,7	0,9	0,0
Máximo	12,5	99,3	459,1	2,6	0,3

<sup>5</sup> Condición estándar: 1 atmósfera de presión y 25 °C de temperatura para la medición de volúmenes de los gases.

En cuanto a la velocidad y dirección del viento, en la Figura 7-1, se observa la representación gráfica de las rosas de vientos para el periodo del 22 al 31 de diciembre, que se realizó con el fin de obtener información estadística de la estación CA-SB-01.

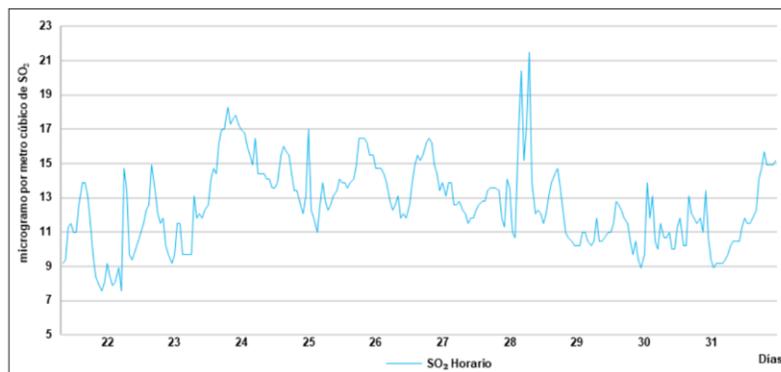
En la Figura 7-1a, se presenta la rosa de vientos en horario diurno, donde la predominancia de los vientos fue desde el norte noreste (NNE) con ventolina (0,3 m/s - 1,6 m/s). En la figura 7-1b, la rosa de vientos en el horario vespertino, la predominancia de los vientos fue desde el norte (N), norte noreste (NNE) y noreste (NE) con ventolina (0,3 m/s - 1,6 m/s) y brisas ligeras (1,6 m/s - 3,4 m/s). En la Figura 7-1c, la rosa de vientos en horario nocturno, la predominancia fue en direcciones variadas, pero principalmente del norte (N), norte noreste (NNE) y noreste (NE) con calmas y ventolina. En la Figura 7-1d, la rosa de vientos de todas las horas del 22 al 31 de diciembre, se aprecia que la predominancia de los vientos fue del norte (N), norte noreste (NNE) y noreste (NE) con calmas, ventolina y brisas ligeras.



**Figura 7-1.** Representación gráfica de las rosas de vientos en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, del 22 al 31 de diciembre, a) En horario diurno, b) En horario vespertino, c) En horario nocturno, d) En todas las horas del mes.

La Figura 7-2, muestra la ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, respecto a los componentes de minas en el área de estudio y la influencia de los vientos más representativos durante la vigilancia de la calidad del aire, donde se observa que hubo una variabilidad de los vientos en el mes, por provenir del norte, norte noreste y noreste de la estación de vigilancia principalmente con vientos del tipo ventolina y brisas ligeras.

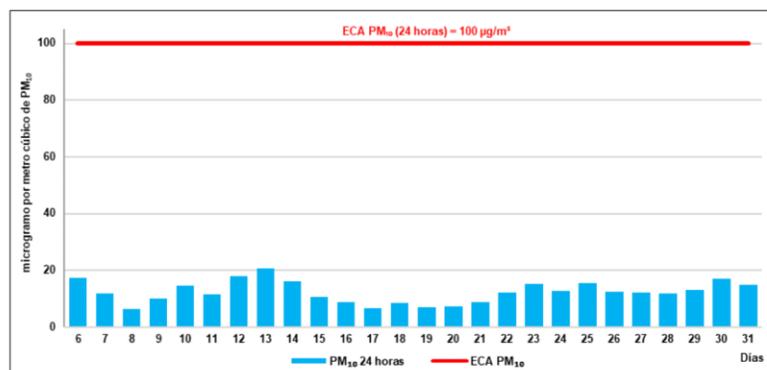
En la Figura 7-4, se presenta el comportamiento de las concentraciones horarias de SO<sub>2</sub>, en el que se observa que las concentraciones estuvieron por debajo de 21,5 µg/m<sup>3</sup>.



**Figura 7-4.** Concentraciones horarias de SO<sub>2</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, correspondiente al periodo del 22 al 31 de diciembre de 2018.

### 7.1.3. Concentración de material particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

En la Figura 7-5, se presentan los resultados de la concentración de material particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), que fue monitoreado en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01, cuyos resultados no excedieron el valor de los ECA para aire de PM<sub>10</sub>, obteniéndose concentraciones de este parámetro entre 6,2 µg/m<sup>3</sup> a 20,8 µg/m<sup>3</sup>. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo N.º 2. (Tabla N.º 3. Datos del muestreo de PM<sub>10</sub>).



**Figura 7-5.** Concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, correspondiente al periodo del 6 al 31 de diciembre de 2018.

Las concentraciones horarias de PM<sub>10</sub> reportadas del 6 al 31 de diciembre de 2018 en la estación de vigilancia CA-SB-01 de la figura 7-6, demuestran que la concentración más elevada se registró a las 0:00 horas del martes 25 de diciembre, con una máxima concentración de 121,8 µg/m<sup>3</sup>.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

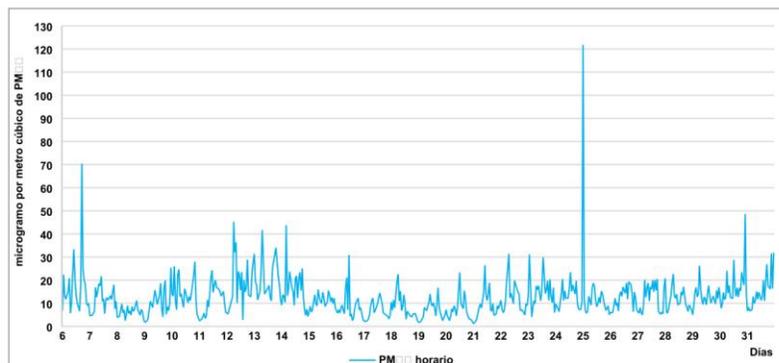


Figura 7-6. Concentraciones horarias de PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, correspondiente al periodo del 1 al 30 de abril de 2018.

#### 7.1.4. Concentraciones de metales y metaloides en material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

El material particulado PM<sub>10</sub> se ha caracterizado químicamente, es así que se han reportado los metales<sup>6</sup>: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), boro (B), cadmio (Cd), calcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estaño (Sn), estroncio (Sr), fósforo (P), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), potasio (K), selenio (Se), silicio (Si), sodio (Na), talio (Tl), titanio (Ti), vanadio (V), y zinc (Zn).

Los resultados de las concentraciones de los metales Sb, As, Be, B, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Pb, Mn, Mo, Ni, Se, Ag, Sr, Sn, Ti, V y Zn, se encuentran por debajo de sus respectivos valores establecidos en el estándar canadiense de referencia, los cuales se pueden cotejar en la Tabla 7-2.

Para el caso del Pb, los resultados se analizan de manera detallada en el siguiente apartado.

Tabla 7-2. Concentraciones de metales en PM<sub>10</sub> a 10° C y 1 atmósfera, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01

Metales en PM <sub>10</sub>		Unidad	Concentración de metales - Volumen 10 °C			AAQC Ontario (µg/m <sup>3</sup> )
			CA-SB-01			
			5/12/2018	6/12/2018	7/12/2018	
Plata	Ag	µg/m <sup>3</sup>	0,0092	<LC	<LC	1
Aluminio	Al	µg/m <sup>3</sup>	0,145	0,126	0,084	-
Arsénico	As	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	0,3
Boro	B	µg/m <sup>3</sup>	0,0113	<LC	<LC	120
Bario	Ba	µg/m <sup>3</sup>	0,0062	0,0041	0,0040	-
Berilio	Be	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	0,01
Bismuto	Bi	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	-
Calcio	Ca	µg/m <sup>3</sup>	1,96	1,95	1,19	-
Cadmio	Cd	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m <sup>3</sup>	0,1101	0,0581	0,1536	0,5
Cobre	Cu	µg/m <sup>3</sup>	0,0216	0,0163	0,0222	50

<sup>6</sup> Para fines del presente informe tanto los metales como metaloides se les denominarán metales.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

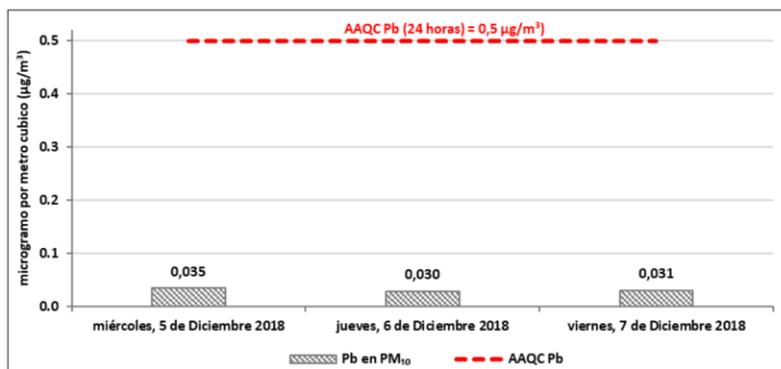
Metales en PM <sub>10</sub>		Unidad	Concentración de metales - Volumen 10 °C			AAQC Ontario (µg/m <sup>3</sup> )
			CA-SB-01			
			5/12/2018	6/12/2018	7/12/2018	
Hierro	Fe	µg/m <sup>3</sup>	1,262	0,916	1,476	4
Potasio	K	µg/m <sup>3</sup>	0,150	0,107	<LC	-
Litio	Li	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m <sup>3</sup>	0,201	0,198	0,149	-
Manganeso	Mn	µg/m <sup>3</sup>	0,069	0,067	0,075	0,2
Mercurio	Hg	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	2
Molibdeno	Mo	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m <sup>3</sup>	0,195	0,131	0,115	-
Níquel	Ni	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	0,1
Fosforo	P	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m <sup>3</sup>	0,035	0,030	0,031	0,5
Antimonio	Sb	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m <sup>3</sup>	0,800	0,976	1,175	-
Estaño	Sn	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m <sup>3</sup>	0,0057	0,0060	0,0051	120
Titanio	Ti	µg/m <sup>3</sup>	0,0041	0,0031	0,0020	120
Talio	Tl	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m <sup>3</sup>	0,075	0,079	0,062	120

\*< LC: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

**7.1.5. Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en PM<sub>10</sub>)**

En vista que los ECA para aire no contemplan un valor de 24 horas para plomo en PM<sub>10</sub> se ha realizado la comparación referencial con los valores establecidos por la normativa canadiense a través del *Air Ambient Quality Criteria 2012* (AAQC). Es así que en la Figura 7-6, se presentan los resultados de la concentración de 24 horas de plomo en PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01.

Se observa en la Figura 7-7, que las concentraciones de plomo en PM<sub>10</sub>, no excedieron el valor del estándar canadiense referencial de 0,5 µg/m<sup>3</sup> en los tres días monitoreados.



**Figura 7-7.** Concentraciones de plomo en material particulado con diámetro menor a 10 micras (Pb en PM<sub>10</sub>) de 24 horas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01 comparadas de manera referencial con la normativa canadiense AAQC-2012.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

## 7.2. Comportamiento histórico

### 7.2.1. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

De acuerdo con la Figura 7-8, de enero hasta diciembre de 2018 en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01 se registraron concentraciones promedio de 24 horas de SO<sub>2</sub> que no excedieron el valor de los ECA para aire para SO<sub>2</sub>. Se tiene registro de una máxima concentración de 24,4 µg/m<sup>3</sup> el 16 de setiembre de 2018, en relación a los otros meses monitoreados.

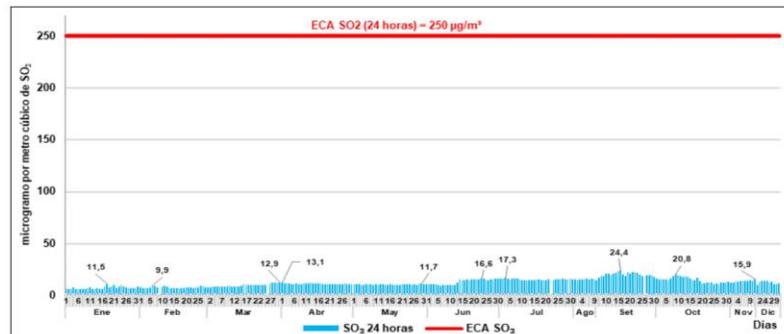


Figura 7-8, Comportamiento histórico de enero a diciembre de 2018 de las concentraciones promedio de 24 horas de SO<sub>2</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01.

### 7.2.2. Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

En la Figura 7-9, se observa que, en los meses de abril, mayo, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2018 se registraron concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>10</sub>, en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire. Se registró la mayor concentración el viernes 21 de setiembre de 2018 con un valor de 56 µg/m<sup>3</sup>. Se precisa que desde junio a noviembre el monitoreo de PM<sub>10</sub>, se realizó con un equipo de muestreador de partículas de alto volumen y diciembre con un equipo analizador automático.

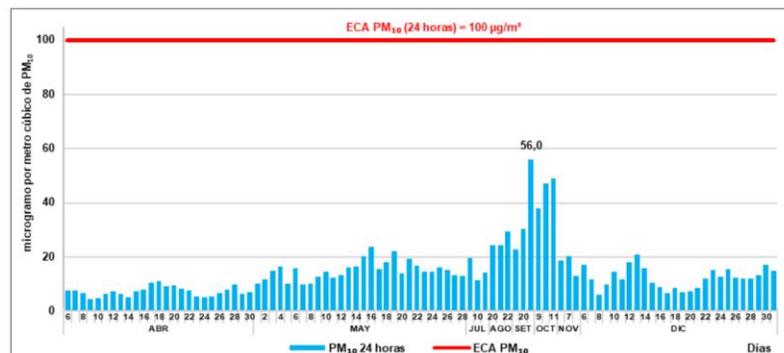
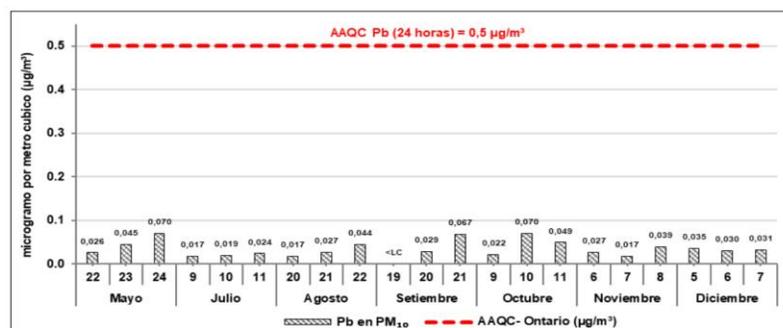


Figura 7-9, Comportamiento histórico 2018 de las concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01.

Se precisa que al culminarse el 2018, se determinó el promedio anual de  $PM_{10}$ , obteniéndose una concentración de  $21,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cual no excedió el valor del ECA para aire de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comparado referencialmente debido a que se consideró 8 de 12 meses.

### 7.2.3. Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en $PM_{10}$ )

En la Figura 7-10, se observa que, en los meses de mayo, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2018 se registraron concentraciones promedio de 24 horas de plomo en  $PM_{10}$ , en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01, que no excedieron el valor del estándar canadiense referencial de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  normativa canadiense AAQC-2012. La mayor concentración de  $0,070 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se registró el jueves 24 de mayo.



**Figura 7-10,** Comportamiento histórico 2018 de las concentraciones de plomo en  $PM_{10}$  de 24 horas en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01.

\* <LC: debajo del límite de cuantificación del método de análisis de laboratorio.

Al culminarse el 2018 se determinó el promedio anual de Plomo en  $PM_{10}$ , obteniéndose una concentración de  $0,034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cual no excedió el valor del ECA para aire de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comparando referencialmente debido a que se consideró 8 de 12 meses.

## 8. CONCLUSIONES

- Del 6 al 31 de diciembre de 2018, las concentraciones promedio de 24 horas de  $PM_{10}$  y del 22 al 31 de diciembre de 2018 de  $SO_2$ , no excedieron los ECA para aire establecido en el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.
- Las concentraciones de los metales: plata, aluminio, arsénico, boro, berilio, bario, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, potasio, litio, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio, níquel, fosforo, plomo, antimonio, selenio, silicio, estaño, estroncio, titanio, talio, uranio, vanadio, zinc, no excedieron los valores establecidos en la norma de referencia canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC), respectivamente.
- Las concentraciones de 24 horas de plomo en  $PM_{10}$  monitoreado los días 5, 6 y 7 de diciembre, no excedieron la normativa referencial canadiense establecidos en  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-01.
- Respecto a la evolución diaria histórica de enero a diciembre de 2018, para el parámetro  $SO_2$  y de abril, mayo, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2018 para  $PM_{10}$ , no excedieron los valores del ECA para aire establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.

- Respecto a la evolución diaria histórica de mayo, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2018 para el plomo en PM<sub>10</sub>, no excedieron la normativa referencial canadiense establecidos en 0,5 µg/m<sup>3</sup> (*Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC)).

## 9. RECOMENDACIONES

- Informar para conocimiento y fines pertinentes a los siguientes:
  - Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA.
  - Oficina Desconcentrada de Pasco del OEFA.
  - Municipalidad Distrital de Simón Bolívar.
- Continuar con la vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el centro poblado de Paragsha, distrito y departamento Pasco.

## 10. ANEXOS

- Anexo N.º 1:** mapa de ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-SB-01
- Anexo N.º 2:** sistematización de resultados
- Anexo N.º 3:** certificados de calibración de equipos
- Anexo N.º 4:** cadena de custodia
- Anexo N.º 5:** informe de ensayo de laboratorio

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes,

Atentamente:



Firmado digitalmente por:  
FAJARDO VARGAS Lázaro  
Walther FIR 10399543 hard  
Cargo: Subdirector de la  
Subdirección Técnica Científica  
Lugar: Sede Central -  
Lima/Lima/Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento



Firmado digitalmente por:  
TORRES PEREIRA Rina FIR  
25062274 hard  
Cargo: Especialista de  
Evaluaciones Ambientales-  
Especialista I  
Lugar: Sede Central -  
Lima/Lima/Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento



Firmado digitalmente por:  
BRIOS ABANTO Andrés Daniel  
(FIR45508013)  
Cargo: Especialista en  
Evaluaciones Ambientales -  
Profesional I  
Lugar: Sede Central -  
Lima/Lima/Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento



Firmado digitalmente por:  
ALIAGA MARTINEZ Rulman  
Raphael FIR 40478945 hard  
Cargo: Asistente de  
Evaluaciones Ambientales -  
Asistente I  
Lugar: Sede Central -  
Lima/Lima/Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento

## Anexo 14: Informe N°00011-2019-OEFA/DEAM -STEC



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental -  
OEFA

Dirección de Evaluación  
Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

2019-101-005853

### INFORME N° 00011-2019-OEFA/DEAM-STEC

A	:	<b>FRANCISCO GARCÍA ARAGÓN</b> Director de Evaluación Ambiental
DE	:	<b>LÁZARO WALTHER FAJARDO VARGAS</b> Subdirector de la Subdirección Técnica Científica
		<b>RINA TORRES PEREIRA</b> Especialista en Evaluaciones Ambientales
		<b>ANDRÉS DANIEL BRIOS ABANTO</b> Especialista de Evaluaciones Ambientales
		<b>RULMAN RAPHAEL ALIAGA MARTÍNEZ</b> Asistente de Evaluaciones Ambientales
ASUNTO	:	Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, en diciembre de 2018.
C.U.E.	:	2018-02-0017
C.U.C.	:	003-12-2018-401
FECHA	:	Lima, 31 de enero de 2019

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted para informar lo siguiente:

#### 1. INFORMACIÓN GENERAL

Los aspectos generales de la vigilancia ambiental realizada en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco son presentados en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Información general respecto de la actividad realizada

a.	Ubicación general	Centro poblado de Champamarca, Distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.
b.	Ámbito de influencia	Institución Educativa N.º 34037, ubicado en el Jr. Quillacocha S/N, del centro poblado de Champamarca, adyacente a las operaciones del botadero "Excelsior" de la Empresa Activos Mineros S.A.C.
c.	Problemática	Presunta afectación de la calidad del aire debido a las actividades de remoción de material particulado del botadero "Excelsior" de la empresa Activos Mineros S.A.C., en la zona aledaña a la Institución Educativa N.º 34037 de Champamarca.
d.	Antecedentes	La DSEM, solicita apoyo técnico para el monitoreo de material particulado a la DEAM, en atención a la queja por los pobladores del centro de Champamarca.
e.	Tipo de evaluación	Vigilancia ambiental
f.	Periodo de ejecución	5, 6, 7, 10, 11 y 12 de diciembre



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

## 2. DATOS DE LA ACTIVIDAD REALIZADA

El componente ambiental y los parámetros evaluados en la vigilancia realizada en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, se presentan en la Tabla 2-1.

**Tabla 2-1.** Resumen del componente ambiental y los resultados evaluados en la estación de vigilancia CA-SB-02

Componente evaluado	Número de estaciones de vigilancia	Incumplimiento de ECA u otras normas de referencia	Parámetros Evaluados	Parámetros que incumplen
Aire	1	No	PM <sub>10</sub> <sup>(a)</sup>	-
		No	Metales en PM <sub>10</sub> <sup>(b)</sup>	-

«-»: Sin excedencias

(a) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM

(b) Comparada referencialmente con los Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC) – Abril 2012

## 3. ANTECEDENTES

En diciembre de 2016, mediante informe N.º 117-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI, la Dirección de Evaluación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante, OEFA), dio a conocer las acciones realizadas en el marco de la mesa de desarrollo Simón Bolívar<sup>1</sup>, en donde realizó un monitoreo de calidad del aire en los centros poblados de Paragsha, Champamarca y Quiulacocha ubicados en el distrito de Simón Bolívar, analizándose parámetros como material particulado con diámetro menor a 10 micras (en adelante, PM<sub>10</sub>), material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (en adelante, PM<sub>2.5</sub>) y metales en PM<sub>10</sub>. El monitoreo se efectuó del 3 al 23 de octubre de 2016, concluyendo que no se excedieron los estándares de calidad ambiental para aire vigentes en el 2016. Cabe mencionar que, el estudio abarcó las zonas donde se encuentran ciertos componentes de mina (Stock Piles), los que podrían ser fuentes potenciales de material particulado y metales en el aire.

El 08 de junio, la Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas (en adelante DSEM), remite un correo electrónico a la Dirección de Evaluación Ambiental (en adelante DEAM), en el que se indica que la ODES Pasco, informa que de manera recurrente las actividades de cierre de la Desmontera de Excelsior a cargo de la Empresa Activos Mineros S.A.C. (en adelante AMSAC), están generando problemas ambientales de polvo y ruido, por lo que los pobladores del centro poblado de Champamarca en el Distrito de Simón Bolívar mostraron su incomodidad. La DSEM, solicita, que, a través, de la DEAM, se brinde el apoyo en el monitoreo de material particulado.

En atención de la misma, el personal del área de vigilancia ambiental de la Dirección de Evaluación Ambiental, realizó la instalación de un equipo muestreador de material particulado de alto volumen (Hi-Vol) de la Oficina Desconcentrada de Pasco (en adelante ODES Pasco), para realizar el monitoreo de material particulado con diámetro menor a 10 micras (en adelante PM<sub>10</sub>) y metales en material particulado menor a 10 micras(en adelante metales en PM<sub>10</sub>) del 13 al 17 de junio, en la Institución Educativa N.º 34037, del centro poblado de Champamarca.

La DEAM en el marco de su función evaluadora, programó realizar la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, de manera mensual hasta el mes diciembre 2018.

<sup>1</sup> Conformado por autoridades del Poder Ejecutivo, Gobierno Regional de Pasco, Municipalidad Distrital de Simón Bolívar y representantes locales del distrito.

En informe N.º 0238-2018-OEFA-DEAM-STEAC, vigilancia ambiental de calidad del aire (CA-SB-02), realizado los días del 13 al 16 de junio, en el centro poblado de Champamarca, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, se indica que las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), no excedieron el valor del ECA para aire de 100 µg/m<sup>3</sup> establecido mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Respecto a las concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, no excedieron la normativa referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC).

En informe N.º 0264-2018-OEFA-DEAM-STEAC, vigilancia ambiental de calidad del aire (CA-SB-02), realizado los días 16, 17, 18, 19, 20, 23 y 24 de julio, en el centro poblado de Champamarca, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, se indica que las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), no excedieron el valor del ECA para aire de 100 µg/m<sup>3</sup> establecido mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Respecto a las concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, no excedieron la normativa referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC).

En informe N.º 0295-2018-OEFA-DEAM-STEAC, vigilancia ambiental de calidad del aire (CA-SB-02) realizado del 20 al 27 de agosto 2018, en el centro poblado de Champamarca, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, se indica que las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), no excedieron el valor del ECA para aire de 100 µg/m<sup>3</sup> establecido mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Respecto a las concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, no excedieron la normativa referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC).

En informe N.º 0360-2018-OEFA-DEAM-STEAC, se presenta los resultados de la vigilancia ambiental de calidad del aire (CA-SB-02), realizada del 13 de junio al 17 de octubre de 2018, en el centro poblado de Champamarca, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, en el que se indica que, las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), no excedieron el valor del ECA para aire de 100 µg/m<sup>3</sup> establecido mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Respecto a las concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, no excedieron la normativa referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC).

En informe N.º 0371-2018-OEFA-DEAM-STEAC, de la vigilancia ambiental de calidad del aire (CA-SB-02), realizada el 9, 10 y 11 de noviembre de 2018, en el centro poblado de Champamarca, del distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, se indica que las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), no excedieron el valor del ECA para aire de 100 µg/m<sup>3</sup> establecido mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Respecto a las concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, no excedieron la normativa referencial canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC).

#### 4. OBJETIVO

Vigilar el comportamiento de la calidad ambiental del aire en el centro poblado de Champamarca del distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, en el ámbito de las operaciones del botadero "Excelsior" de Activos Mineros S.A.C., en diciembre de 2018.

#### 5. ÁREA DE ESTUDIO

Las actividades de vigilancia ambiental de la calidad del aire se realizan en la Institución Educativa N.º 34037 ubicada en el Jr. Quillacocha S/N del centro poblado de Champamarca. En la zona colindante se encuentra el botadero "Excelsior" de la Empresa Activos Mineros S.A.C.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»



Figura 5-1. Ubicación de la I.E. N.º 34037 en relación al Botadero Excelsior

## 6. METODOLOGÍA

En esta sección, se describe la metodología utilizada en la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el distrito de Simón Bolívar, el protocolo de monitoreo, ubicación de la estación, parámetros evaluados, equipos utilizados, criterios de evaluación, así como el procesamiento de datos.

### 6.1. Protocolo de monitoreo

El protocolo de monitoreo utilizado se describe en la Tabla 6-1.

Tabla 6-1. Protocolo de monitoreo utilizado para el monitoreo de aire

Protocolo	País	Institución	Dispositivo legal	Año
Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos	Perú	Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)	Resolución Directoral N.º 1404-2005-DIGESA/SA.	2005

### 6.2. Ubicación de la estación de vigilancia ambiental

La vigilancia ambiental de calidad del aire se realizó en un punto, el cual se especifica en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2. Ubicación de la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire en el distrito de Simón Bolívar

Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18L		Altitud (m s.n.m.)	Referencia
	Este (m)	Norte (m)		
CA-SB-02	361129	8818045	4287	I.E N.º 34037 Ubicado en el Jr. Quillacocha S/N del centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.



**6.3. Parámetros evaluados y equipos utilizados**

Los parámetros evaluados y equipos utilizados en la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, son presentados en Tabla 6-3 y Tabla 6-4, respectivamente.

**Tabla 6-3.** Parámetros evaluados en la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar.

Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
Material particulado menor o igual a 10 micras (PM <sub>10</sub> ) - Alto Volumen (*)	Método manual IC-MA-95 Rev.02 (Validado) 2017	Determinación de Peso: Filtro PM10 Alto Volumen
Metales en PM <sub>10</sub> - Alto Volumen	EPA IO-3.4, 1999. Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy	Metales por ICP OES: Filtro PM10 Alto Volumen
- Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	Método automático	-

fuelle: Informe de ensayo N° DIC1172.R18. Laboratorio CERTIMIN S.A.  
\*-: No aplica

**Tabla 6-4.** Equipos utilizados en la vigilancia ambiental de la calidad ambiental del aire en el distrito de Simón Bolívar

Equipo	Marca	Modelo	Parámetro	Certificado de calibración
Muestreador de alto volumen de material particulado (Hi-Vol.)	Thermo Scientific	G10557	Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	LF-4212017
Estación meteorológica	Campbell	CR1000	- Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	LM - 4902017

**6.4. Criterios de comparación**

Las concentraciones obtenidas fueron comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (en adelante, ECA para aire) aprobadas por el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM (Tabla 6-5).

**Tabla 6-5.** Estándares de calidad ambiental para aire de acuerdo al Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM

Parámetro	Periodo	Valor (µg/m³)	Criterio de evaluación
Material particulado menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año

NE: No exceder

Como los ECA para aire no consideran concentraciones de metales en PM<sub>10</sub>, para un periodo de 24 horas, se ha tomado la guía de calidad del aire de Canadá (*Ontario's Ambient Air Quality Criteria - 2012*) como estándares de referencia para los parámetros evaluados

**PERÚ**Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental -  
OEFADirección de Evaluación  
Ambiental«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

(Tabla 6-6). Asimismo, en las notas de dicha norma se indica que las concentraciones que se encuentran expresadas en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se encuentran a condiciones de  $10\text{ }^\circ\text{C}$  y  $760\text{ mmHg}$ .

**Tabla 6-6.** Estándares de calidad de aire de Canadá para los contaminantes

CASRN	Contaminante	AAQC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo promedio (h)
7440-36-0	Antimonio y compuestos de antimonio	25	24
7784-42-1	Arsénico y compuestos de arsénico	0,3	24
7440-41-7	Berilio y compuestos de berilio	0,01	24
7440-42-8	Boro	120	24
7440-43-9	Cadmio y compuestos de cadmio	0,025	24
7440-48-4	Cobalto	0,1	24
7440-50-8	Cobre	50	24
7440-47-3	Cromo y compuestos	0,5	24
15438-31-0	Hierro (metálico)	4	24
7439-92-1	Plomo y compuestos de plomo	0,5	24
7439-96-5	Manganeso y compuestos de manganeso	0,2	24
7439-97-6	Mercurio (Hg)	2	24
7439-98-7	Molibdeno	120	24
7440-02-0	Níquel y compuestos de níquel	0,1	24
7782-49-2	Selenio	10	24
7440-22-4	Plata	1	24
7440-24-6	Estroncio	120	24
7440-31-5	Estaño	10	24
7440-32-6	Titano	120	24
7440-61-1	Uranio y compuestos de uranio	0,15	24
7440-62-2	Vanadio	2	24
7440-66-6	Zinc	120	24

CASRN: Chemical Abstracts Services Registry Number o Número de Registro CAS.

Fuente: Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC) - abril 2012:  
[www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf](http://www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf)

### 6.5. Procesamiento de datos

Los datos meteorológicos fueron procesados en base a las horas diurnas (07:00 h - 11:00 h), horas vespertinas (12:00 h - 18:00 h) y horas nocturnas (00:00 h - 6:00 h y 19:00 h - 23:00 h), con el fin de analizar y evaluar la influencia de la meteorología local sobre los contaminantes monitoreados y su posible procedencia, evolución y transporte local, durante la mañana, tarde y noche.

#### Cálculo de las concentraciones de $\text{PM}_{10}$ y metales

Las muestras de material particulado contenidos en los filtros de  $\text{PM}_{10}$  fueron enviadas a un laboratorio acreditado para la determinación de su peso, así como para el análisis de metales en filtros  $\text{PM}_{10}$ . Adicionalmente, para la determinación de  $\text{PM}_{10}$  se calculó el flujo según la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{std}} = Q_a \left( \frac{P_{\text{av}}}{T_{\text{av}}} \right) \left( \frac{T_{\text{std}}}{P_{\text{std}}} \right) \quad (6-1)$$

Donde:

$Q_{\text{std}}$  = Flujo promedio ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) a condiciones de referencia indicadas (i.e.  $25\text{ }^\circ\text{C}$  y  $101,3\text{ kPa}$ ).

$Q_a$  = Flujo promedio ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) a condiciones ambientales.

$P_{\text{av}}$  = Presión barométrica promedio durante el período de muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo (kPa o mmHg).

$T_{\text{av}}$  = Temperatura ambiente promedio durante el período de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo (K).

$T_{\text{std}}$  = Temperatura estándar (i.e.  $298\text{ K}$ ).

$P_{\text{std}}$  = Presión estándar (i.e.  $101,3\text{ kPa}$  o  $760\text{ mmHg}$ ).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

Una vez calculado el flujo promedio se procedió a calcular el volumen total de aire muestreado, el cual se obtiene de la ecuación 6-2.

$$V_{std} = (Q_{std})(t) \quad (6-2)$$

Donde:

$V_{std}$  = Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen ( $m^3$ ).  
 $t$  = Tiempo de muestreo (min).

Sobre la base de la diferencia de pesos (muestra/filtro) reportados por el laboratorio y los parámetros meteorológicos de presión y temperatura registrados en el lugar de muestreo se calculó la concentración de material particulado en unidades de masa por unidad de volumen, de acuerdo con la ecuación 6-3 obtenida de la metodología para la determinación de material particulado indicada en la tabla anterior.

$$C_{PM_{10}} = 10^{-6} \cdot (W_f - W_i) / V_{std} \quad (6-3)$$

Dónde:

$C_{PM_{10}}$  = Concentración de  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ).  
 $W_f - W_i$  = Diferencia de pesos final e inicial del filtro (g).  
 $V_{std}$  = Volumen de aire muestreado a condiciones estándar ( $m^3$ )<sup>2</sup>.

De manera análoga se determinó las concentraciones de metales totales en material particulado con diámetro menor a 10 micras con los resultados emitidos por el laboratorio acreditado, de acuerdo con la ecuación 6-4.

$$C_{Metal} = 10^{-6} \cdot (W_{metal}) / V_{std} \quad (6-4)$$

Dónde:

$C_{metal}$  = Concentración del metal ( $\mu g/m^3$ ).  
 $W_{metal}$  = Peso del metal en gramos (g).  
 $V_{std}$  = Volumen total de aire muestreado a condiciones estándar en ( $m^3$ )

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 7.1. Resultado mensual

En esta sección, se presentan los resultados de las condiciones meteorológicas, así como de las concentraciones de  $PM_{10}$  y metales en  $PM_{10}$ , en la estación de vigilancia CA-SB-02, en el centro poblado de Champamarca, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, del monitoreo realizados en los días 5, 6, 7, 10, 11 y 12 de diciembre de 2018.

#### 7.1.1. Condiciones meteorológicas

Para las condiciones meteorológicas se utilizaron los datos registrados en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire ubicada en el centro poblado de Paragsha, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco, porque es la estación más cercana al centro poblado de Champamarca, y se ha tomado como referencia para el presente informe y son presentadas en la Tabla 7-1 y el detalle del registro de los parámetros en el Anexo N.º 2. (Tabla N.º 1 datos meteorológicos).

<sup>2</sup> Condición estándar: 1 atmósfera de presión y 25 °C de temperatura para la medición de volúmenes de los gases.



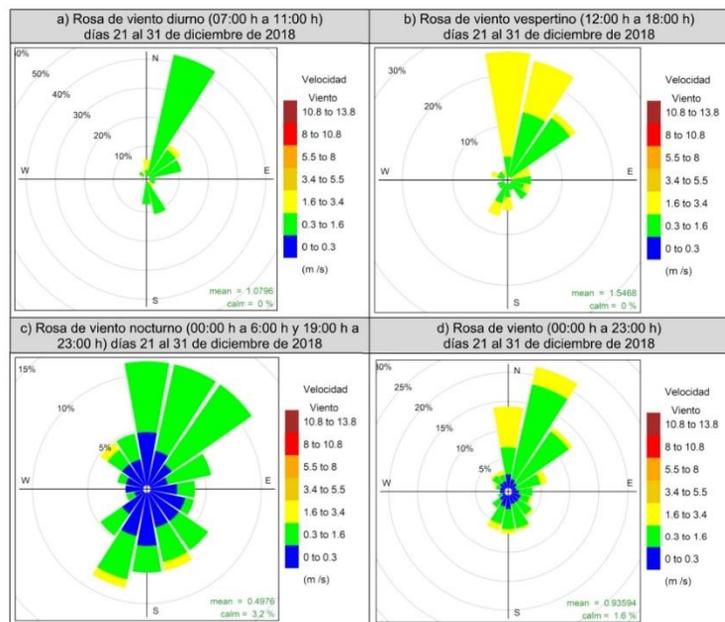
**Tabla 7-1.** Parámetros meteorológicos registrados en el distrito de Simón Bolívar, diciembre de 2018.

Valores	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Mínimo	0,0	38,1	456,0	0,0	0,0
Promedio	6,0	77,7	460,5	0,9	0,0
Máximo	16,6	99,3	464,4	2,6	0,3

(-): no se cuenta con datos por mantenimiento del pluviómetro.

La representación gráfica de las rosas de vientos permitió obtener información estadística de la procedencia de los vientos. A continuación, se presentan las rosas de vientos para el periodo del 21 al 31 de diciembre 2018 de la estación de vigilancia ubicada en el centro poblado de Paragsha (CA-SB-01), el cual se ha utilizado de manera referencial para la estación de vigilancia del centro poblado de Champamarca (CA-SB-02), cabe señalar que ambas estaciones se ubican en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento Pasco.

En la Figura 7-1a, se presenta la rosa de viento en horario diurno en donde la predominancia de los vientos fue desde el norte noreste (NNE) con ventolina (0,3 m/s - 1,6 m/s). En la figura 7-1b, la rosa de viento en el horario vespertino, la predominancia de los vientos fue desde el norte (N) y norte noreste (NNE) con ventolina y brisas ligeras (1,6 m/s - 3,4 m/s). En la Figura 7-1c, la rosa de viento en el horario nocturno, la predominancia fue del norte (N), norte noreste (NNE) y noreste (NE) con calmas (0 m/s - 0,3 m/s). En la Figura 7-1d, la rosa de viento de todas las horas tuvo una predominancia de los vientos del norte noreste (NNE), norte (N) y noreste (NE) del tipo ventolina y brisas ligeras.



**Figura 7-1.** Rosa de viento en el distrito de Simón Bolívar del 21 al 31 de diciembre 2018. a) En horario diurno, b) En horario vespertino, c) En horario nocturno, d) En todas las horas.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

La Figura 7-2, muestra la ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02, respecto al botadero Excelsior de la empresa Activos Mineros S.A.C., donde se aprecia que los vientos locales en los días monitoreados tienen una predominancia del norte es decir provienen directamente del botadero "Excelsior" con vientos del tipo calma (0 m/s - 0,3 m/s) y ventolina (0,3 m/s - 1,6 m/s).

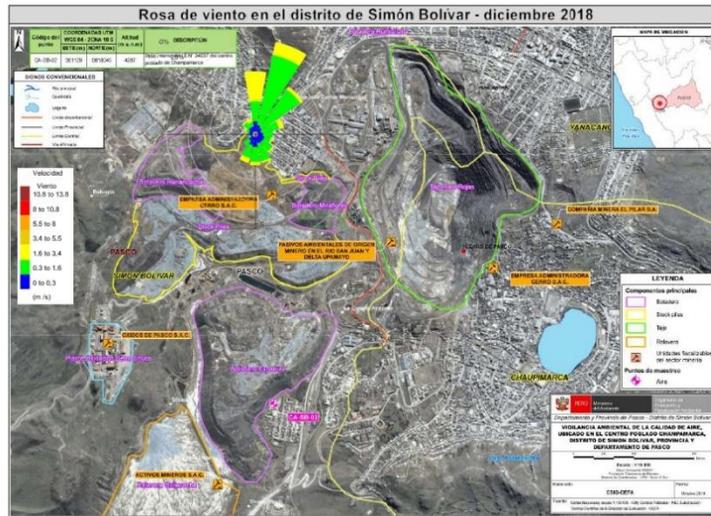


Figura 7-2. Ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02 y rosa de vientos en el distrito de Simón Bolívar, diciembre de 2018.  
Referencia: Imágenes satelitales extraídas de Google Earth.

### 7.1.2. Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

En la Figura 7-3, se presentan los resultados de la concentración de material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>) en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-02, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire (100 µg/m<sup>3</sup>), durante los días 5, 6, 7, 10, 11 y 12 de diciembre. Las concentraciones de 24 horas oscilaron entre 10,3 µg/m<sup>3</sup> a 27,0 µg/m<sup>3</sup>. El detalle del registro de concentraciones se presenta en el Anexo N.º 2. (Tabla N.º 2. Datos del muestreo de PM<sub>10</sub>).



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

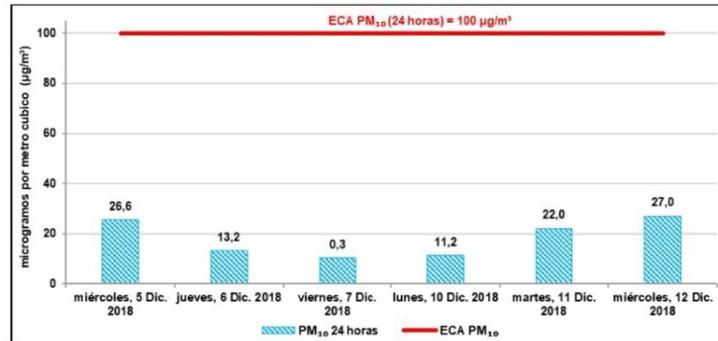


Figura 7-3. Concentraciones de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02, correspondiente al periodo del 5, 6, 7, 10, 11 y 12 de diciembre de 2018.

### 7.1.3. Concentraciones de metales y metaloides en material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

El material particulado PM<sub>10</sub>, se ha caracterizado químicamente, es así que se han reportado los metales<sup>3</sup>: aluminio (Al), antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), bismuto (Bi), boro (B), cadmio (Cd), calcio (Ca), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estaño (Sn), estroncio (Sr), fósforo (P), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg), manganeso (Mn), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomo (Pb), potasio (K), selenio (Se), silicio (Si), sodio (Na), talio (Tl), titanio (Ti), uranio (U), vanadio (V), y zinc (Zn) además de los metaloides boro, (B), silicio (Si) y arsénico (As).

En vista que los ECA para aire no contempla un valor para periodos de 24 horas de metales y metaloides, se ha realizado la comparación referencial, con los valores establecidos por la normativa canadiense (*Air Ambient Quality Criteria 2012 - AAQC*), en el que las concentraciones de Sb, As, Be, B, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Pb, Mn, Hg, Mo, Ni, Se, Ag, Sr, Sn, Ti, U, V y Zn, no excedieron los valores establecidos en la normativa referencial (Tabla 7-2).

Tabla 7-2. Concentraciones de metales en PM<sub>10</sub> a 10° C y 1 atmósfera en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02.

Metales en PM <sub>10</sub>	Unidad	Concentración de metales - Volumen a 10 °C						AAQC-Ontario (µg/m³)	
		CA-SB-02							
		5/12/18	6/12/18	7/12/18	10/12/18	11/12/18	12/12/18		
Plata	Ag	µg/m³	<LC	0,003	0,002	0,329	0,002	0,004	1
Aluminio	Al	µg/m³	0,018	0,086	0,062	0,085	0,144	0,161	-
Arsénico	As	µg/m³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,3
Bario	Ba	µg/m³	0,0050	0,0040	0,0030	0,0030	0,0051	0,0049	120
Berilio	Be	µg/m³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Bismuto	Bi	µg/m³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,01
Boro	B	µg/m³	<LC	0,0223	0,0217	<LC	<LC	0,0771	-
Calcio	Ca	µg/m³	2,00	1,46	0,94	1,40	2,80	3,41	-
Cadmio	Cd	µg/m³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,025
Cobalto	Co	µg/m³	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Cromo	Cr	µg/m³	0,120	0,087	0,057	0,089	0,095	0,069	0,5

<sup>3</sup> Para fines del presente informe tanto los metales como metaloides se les denominarán metales.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

Metales en PM <sub>10</sub>	Unidad	Concentración de metales - Volumen a 10 °C						AAQC-Ontario (µg/m <sup>3</sup> )	
		CA-SB-02							
		5/12/18	6/12/18	7/12/18	10/12/18	11/12/18	12/12/18		
Cobre	Cu	µg/m <sup>3</sup>	0,029	0,019	0,017	0,017	0,021	0,020	50
Hierro	Fe	µg/m <sup>3</sup>	1,299	0,811	0,514	0,816	1,140	0,999	4
Potasio	K	µg/m <sup>3</sup>	0,149	0,095	0,090	0,100	0,151	0,102	-
Mercurio	Hg	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Litio	Li	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Magnesio	Mg	µg/m <sup>3</sup>	0,203	0,120	0,069	0,086	0,182	0,175	0,2
Manganes	Mn	µg/m <sup>3</sup>	0,057	0,033	0,018	0,028	0,058	0,056	-
Molibdeno	Mo	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	120
Sodio	Na	µg/m <sup>3</sup>	0,217	0,150	0,150	0,096	0,153	0,183	-
Níquel	Ni	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	0,1
Fósforo	P	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m <sup>3</sup>	0,029	<LC	0,016	<LC	0,029	0,030	0,5
Antimonio	Sb	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	25
Selenio	Se	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Silicio	Si	µg/m <sup>3</sup>	1,427	0,736	0,971	0,814	1,040	0,860	-
Estaño	Sn	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m <sup>3</sup>	0,0064	0,0058	0,0043	0,0040	0,0082	0,0086	120
Titanio	Ti	µg/m <sup>3</sup>	0,0060	0,0020	0,0010	0,0020	0,0031	0,0030	120
Talio	Tl	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	-
Vanadio	V	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC	2
Zinc	Zn	µg/m <sup>3</sup>	0,071	<LC	<LC	<LC	0,052	0,054	120

<LC: debajo del limite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio

#### 7.1.4. Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en PM<sub>10</sub>)

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para aire, establece el nivel de concentración de Pb en PM<sub>10</sub>, para un periodo mensual y anual, y no contempla un valor para un periodo de 24 horas, por lo que el resultado de la concentración de plomo, fue comparado de manera referencial con la norma canadiense *Air Ambient Quality Criteria* 2012 (AAQC).

En la Figura 7-4, se observa que las concentraciones de plomo en PM<sub>10</sub> no excedieron el valor del estándar canadiense referencial de 0,5 µg/m<sup>3</sup> en los días monitoreados.

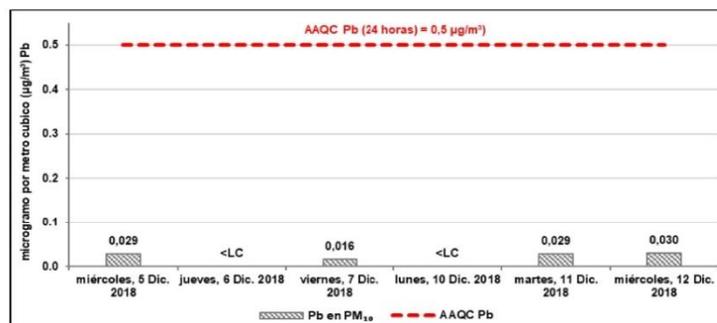


Figura 7-4. Concentraciones de plomo en material particulado con diámetro menor a 10 micras (Pb en PM<sub>10</sub>) de 24 horas en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-02 comparadas de manera referencial con la normativa canadiense AAQC-2012.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Dirección de Evaluación Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

## 7.2. Comportamiento histórico

### 7.2.1. Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)

En la Figura 7-5, se observa que en los meses de junio a diciembre de 2018 se registraron concentraciones promedio de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02, los cuales no excedieron el valor del ECA para aire, registrándose la máxima concentración (64,4 µg/m<sup>3</sup>) el jueves 13 de setiembre de 2018, en relación a todos los días monitoreados.

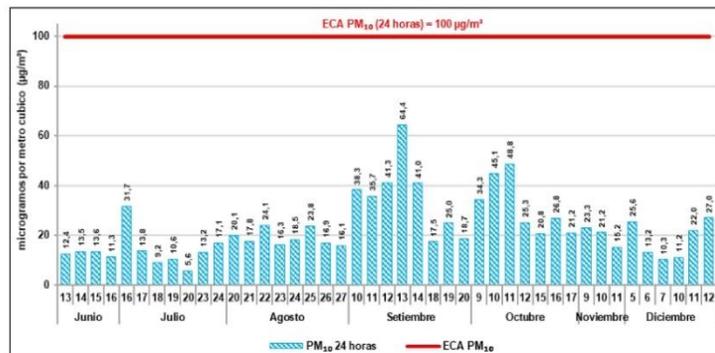


Figura 7-5, Comportamiento histórico 2018 de las concentraciones de 24 horas de PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02.

Se precisa que por culminarse el 2018, se determinó el promedio anual de PM<sub>10</sub>, obteniéndose una concentración de 21,6 µg/m<sup>3</sup>, el cual no excedió el valor del ECA para aire de 50 µg/m<sup>3</sup>, comparando referencialmente debido a que se consideró 6 de 12 meses.

### 7.2.2. Concentración de plomo en material particulado menor a 10 micras (Pb en PM<sub>10</sub>)

En la Figura 7-6, se observa que, en los meses de junio a diciembre de 2018, se registraron concentraciones promedio de 24 horas de plomo en PM<sub>10</sub> en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02, los cuales no excedieron el valor del estándar referencial de 0,5 µg/m<sup>3</sup> establecido en la normativa canadiense AAQC-2012. La mayor concentración (0,069 µg/m<sup>3</sup>) se registró el viernes 14 de setiembre.

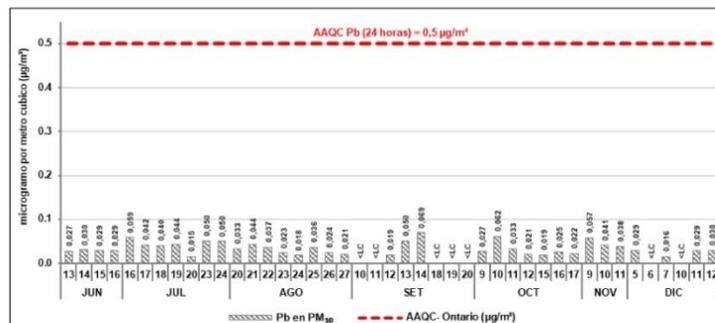


Figura 7-6, Comportamiento histórico 2018 de las concentraciones de plomo en PM<sub>10</sub> de 24 horas en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02.

<LC: debajo del límite de cuantificación del método de ensayo de laboratorio



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental -  
OEFA

Dirección de Evaluación  
Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

Se precisa que, al culminarse el 2018, se determinó el promedio anual de Plomo en  $PM_{10}$ , obteniéndose una concentración de  $0,034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cual no excedió el valor del ECA para aire de  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comparando referencialmente debido a que se consideró 6 de 12 meses.

## 8. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de 24 horas de material particulado con diámetro menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ), no excedieron el valor del ECA para aire de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , establecido mediante Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, en la estación de vigilancia de la calidad del aire CA-SB-02.
- Las concentraciones de los metales: plata, aluminio, arsénico, boro, berilio, bario, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, potasio, litio, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio, níquel, fósforo, plomo, antimonio, selenio, silicio, estaño, estroncio, titanio, talio, uranio, vanadio, zinc, no excedieron los valores establecidos en la norma de referencia canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC), respectivamente.
- Las concentraciones de plomo en  $PM_{10}$ , no excedieron la normativa referencial canadiense Air Ambient Quality Criteria 2012 (AAQC) establecido en  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire CA-SB-02.
- Respecto a la evolución histórica de junio a diciembre de 2018, las concentraciones de 24 horas de  $PM_{10}$ , no excedieron el valor del ECA para aire establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM.
- Respecto a la evolución histórica de junio a diciembre de 2018, las concentraciones de 24 horas de plomo en  $PM_{10}$ , no excedieron la normativa referencial canadiense establecidos en  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Air Ambient Quality Criteria 2012-AAQC).

## 9. RECOMENDACIONES

- Informar para conocimiento y fines pertinentes a los siguientes:
  - Dirección de Supervisión Ambiental en Energía y Minas del OEFA.
  - Oficina Desconcentrada de Pasco del OEFA.
  - Municipalidad Distrital de Simón Bolívar.
- Continuar con la vigilancia ambiental de la calidad del aire, en el centro poblado de Champamarca, distrito Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.

## 10. ANEXOS

**Anexo N.º 1:** mapa de ubicación de la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02

**Anexo N.º 2:** sistematización de resultados

**Anexo N.º 3:** certificados de calibración de equipos

**Anexo N.º 4:** cadena de custodia

**Anexo N.º 5:** informe de ensayo de laboratorio



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental -  
OEFA

Dirección de Evaluación  
Ambiental

«Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad»

Es cuanto informamos a usted para los fines pertinentes,

Atentamente:

Firmado digitalmente por:  
FAJARDO VARGAS Lazaro  
Walther FIR 10399543 hard  
Cargo: Subdirector de la  
Subdirección Técnica Científica  
Lugar: Sede Central -  
Lima\Lima\Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento

Firmado digitalmente por:  
TORRES PEREIRA Rina FIR  
25062274 hard  
Cargo: Especialista de  
Evaluaciones Ambientales-  
Especialista I  
Lugar: Sede Central -  
Lima\Lima\Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento

Firmado digitalmente por:  
BRIOS ABANTO Andrés Daniel  
(FIR45508013)  
Cargo: Especialista en  
Evaluaciones Ambientales -  
Profesional I  
Lugar: Sede Central -  
Lima\Lima\Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento

Firmado digitalmente por:  
ALIAGA MARTINEZ Rulman  
Raphael FIR 40478945 hard  
Cargo: Asistente de  
Evaluaciones Ambientales -  
Asistente I  
Lugar: Sede Central -  
Lima\Lima\Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento

Lima,

Visto el Informe la Dirección de Evaluación Ambiental ha dispuesto su aprobación.

Atentamente:

Firmado digitalmente por:  
GARCIA ARAGON Francisco  
(FIR31044541)  
Cargo: Director de la Dirección  
de Evaluación Ambiental  
Lugar: Sede Central -  
Lima\Lima\Jesus Maria  
Motivo: Soy el autor del  
documento

## Anexo 15: Estándares calidad ambiental del Aire

Fuente. PCM, 2001; MINAM, 2017; OMS, 2001.

NE: No Exceder.

(1) O método equivalente aprobado

(\*) DS.074-2001-PCM

(\*\*) DS.003-2017-MINAM

Contaminantes	Periodo	Forma del Estándar ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			Formato	Método de Análisis <sup>1</sup>
		Valor	Valor	Valor		
PM <sub>10</sub>		DS. 074-2001-PCM	DS. 003-2017-MINAM	Guía OMS		
	A anual	50	50	20	Media aritmética anual	Separación inercial /filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	100	50	*NE más de 3 veces al año	
					**NE más de 7 veces al año	Separación inercial /filtración (Gravimetría)
	A anual	***0,5	0,5	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
Plomo	Mensual	1.5	1.5	-	NE más de 4 veces /año.	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)

(\*\*\*) DS.069-2003-PCM

**Anexo 16. DESMONTERA EXCÉLSIOR - CHAMPAMARCA con protección de Geomalla para caída de rocas**



**Anexo 17. DESMONTERA EXCÉLSIOR - CHAMPAMARCA en proceso de alteración de las rocas**



**Anexo 18. DESMONTERA EXCÉLSIOR – CHAMPAMARCA, Presencia de Lixiviados.**



**Anexo 19. DESMONTERA EXCÉLSIOR – CHAMPAMARCA, se tienen con señalización ante riesgos de accidente por caída de rocas.**



**Anexo 20. ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE CHAMPAMARCA**



**Anexo 21. Linderos de la ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE CHAMPAMARCA**



**Anexo 22. ZONA DE DESMONTE DEL PLAN DE CIERRE DE LA  
DESMONTERA EXCÉLSIOR**



**Anexo 23. ZONA DE DESMONTE DEL PLAN DE CIERRE DE LA  
DESMONTERA EXCÉLSIOR**



**Anexo 24. ZONA DE DESMONTE DEL PLAN DE CIERRE DE LA DESMONTERA EXCÉLSIOR**



**Anexo 25. Punto de Monitoreo de la ZONA DE DESMONTE DEL PLAN DE CIERRE DE LA DESMONTERA EXCÉLSIOR**



**Anexo 26. ZONA DE DESMONTE DEL PLAN DE CIERRE DE LA DESMONTERA EXCÉLSIOR**



**Anexo 27. OFICINA DEL PROYECTO DEL PLAN DE CIERRE DE LA DESMONTERA EXCÉLSIOR**



**Anexo 28. PERSONAL DEL PROYECTO EN LA ZONA DE ESTUDIOS COLINDANCIA - CHAMPAMARCA Y QUIULACOCHA**



**Anexo 29. LEVANTAMIENTO DE POLVO POR MOVIMIENTO DE AIRE EN LA ZONA DE CHAMPAMARCA Y QUIULACOCHA**



**Anexo 30. ZONA DE DEPOSITO DE RELAVES DE QUIULACOCHA EN LA ZONA DE CHAMPAMARCA Y QUIULACOCHA**



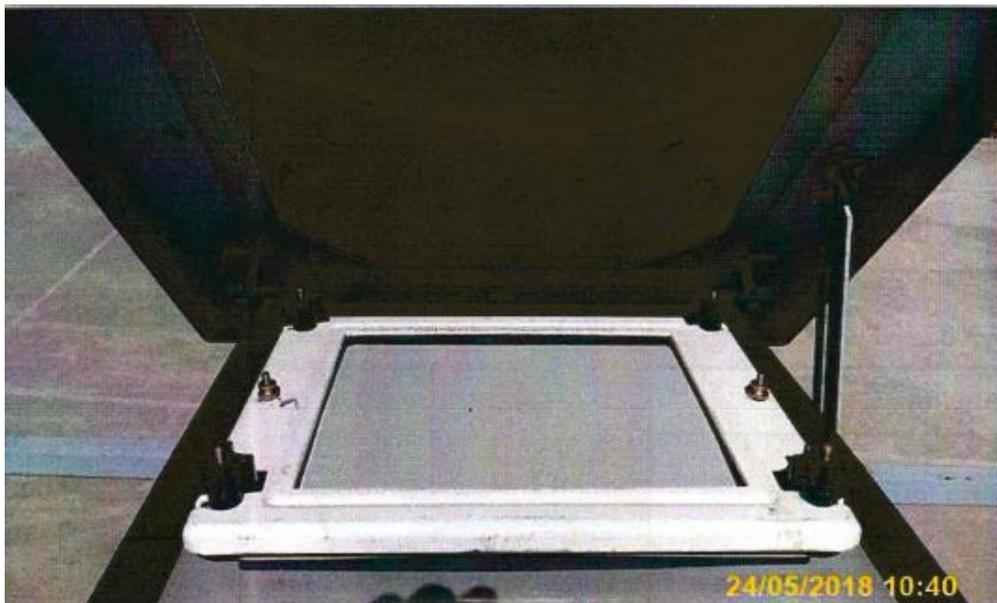
**Anexo 31. ZONA DE DEPOSITO DE RELAVES DE QUIULACOCHA EN LA ZONA DE CHAMPAMARCA Y QUIULACOCHA**



## Anexo 32. ZONA DEL MONITOREO DEL PROYECTO EN LA ZONA DE CHAMPAMARCA



## Anexo 33. Filtro de cuarzo del (Hi -Vol) para actividad de impacto x 24 horas. , muestreo Partículas de Pb en PM<sub>10</sub>.



Nota. Oefa.