

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**TESIS**

**Dispersión del material particulado (PM10 Y PM2,5), con  
interrelación a los factores meteorológicos en el centro  
poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar,**

**Provincia de Pasco – 2018**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor: Bach. José Armando PICOY VILLANUEVA**

**Asesor: Dr. David Jhonny CUYUBAMBA ZEVALLOS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**TESIS**

**Dispersión del material particulado (PM10 Y PM2,5), con interrelación  
a los factores meteorológicos en el centro poblado de  
Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018**

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

---

**Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN  
PRESIDENTE**

---

**Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA  
MIEMBRO**

---

**Mg. Lucio ROJAS VÍTOR  
MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

La presente está dedicada a mis padres, familiares y amigos por la confianza, pero particularmente a mis docentes a quienes me apoyaron incondicionalmente al desarrollo de la presente investigación.

## **RECONOCIMIENTO**

Mis reconocimientos para las personas que integran el equipo técnico del ministerio del medio ambiente que día a día aportan con su trabajo al desarrollo del país.

A mi asesor, por los lineamientos necesarios a la presente que encamino a nivel analítico para emplear los estadísticos inferenciales a la muestra, a mis jurados por su interés de mejorar el proyecto y aportar con sus conocimientos al desarrollo de la presente investigación.

## RESUMEN

La situación problemática que conllevó a la presente es, la asociación de la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5), con los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018. El objetivo es, evaluar la asociación de las variables de investigación, el método deductivos-cuantitativos empleado nos permite generalizar la extrapolación de resultados de la población formulando la hipótesis y obtener conclusiones, respecto a los resultados se obtiene la independencia insignificante negativa de las variables con  $-0.006$ , sin embargo existe una fuerte relación con la humedad relativa y con la velocidad de viento de manera positiva, llegando a concluir que se debe emplear como técnica de análisis la rosas de viento, lo que implica a monitorear los parámetros meteorológicos como temperatura, humedad, dirección y velocidad de viento, gracias a ello se pudo determinar el tipo de viento de la zona que es ventolina en un rango de (0.3 m/s a 1.6 m/s), además de la influenciada directamente por la velocidad del viento, de velocidad promedio anual de 0.9 m/s con el material particulado [PM10] de 22.76 ug/m<sup>3</sup>.

***Palabra Clave:*** dispersión, interrelación, material particulado, meteorología, velocidad de viento

## ABSTRACT

The problematic situation that led to the present is, the association of the dispersion of particulate matter (PM10 and PM2.5), with meteorological factors in the population center of Champamarca, district of Simon Bolivar, Province of Pasco - 2018. The objective is, to evaluate the association of the research variables, the deductive-quantitative method employed allows us to generalize the extrapolation of results from the population formulating the hypothesis and obtain conclusions, regarding the results we obtain the negative insignificant independence of the variables with  $-0.006$ , however there is a strong relationship with relative humidity and wind speed in a positive way, concluding that the wind roses should be used as an analysis technique, which implies monitoring meteorological parameters such as temperature, humidity, wind direction and speed, thanks to this it was possible to determine the type of wind in the area which is ventolina in a range of (0.3 m/s to 1.6 m/s), in addition to that directly influenced by wind speed, with an average annual wind speed of 0.9 m/s and particulate matter [PM10] of 22.76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Keyword:** *dispersion, interrelationship, particulate matter, meteorology, wind speed.*

## INTRODUCCIÓN

El material particulado (particulate matter, PM) es considerado como uno de los contaminantes más importantes en términos de sus efectos sobre la salud según la Organización mundial de la salud, conllevando a estudiar los procesos mineros realizados por actividades antrópica, generan impactos negativos al medio ambiente, afectando la calidad del aire producida por la liberación de contaminantes atmosféricos, siendo objeto de estudio el comportamiento de la fracción respirable de material particulado menor a 10 micras PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> y su interrelación con los factores meteorológicos

Para (Arrieta Fuentes, 2016) Los modelos de dispersión de PM<sub>10</sub> realizados las zonas de estudio, son resultado de la dirección y velocidad del viento analizado en la rosa de vientos de esta manera se determinó los focos de emisión, presentando un radio crítico de arrastre y deposición de partículas de 200 micras aproximadamente, como dice Abril & Diez (2010) este tipo de problemáticas hace necesario disponer de estimaciones confiables de las concentraciones del contaminante en los receptores, pero los costos asociados a la operación en las mediciones de campo suelen ser inviables, Es por ello que propone modelos matemáticos de dispersión de contaminantes, como herramienta fundamental para tomar decisiones que puedan afectar a la calidad de aire.

Es por ello, el propósito de la presente es analizar el comportamiento de la concentración del material particulado asociados a los parámetros meteorológicos en zonas de alta variabilidad climática, como es ubicación de la ciudad de cerro de Pasco, a altitud de 4300 msnm, existen diversas actividades mineras, una de ellas es el plan de cierre de la desmontera Excélsior administrada por la empresa activos Mineros que por la remoción de suelos genera la dispersión de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, lo que requiere del uso de las estaciones de monitoreo administradas por la

organización de evaluación y fiscalización ambiental OEFA, con equipos de medición certificados por ser CERTIMIN S.A acreditado por el INACAL.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ANEXOS

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2	Delimitación de la investigación .....	4
1.3	Formulación del problema .....	5
1.4	Formulación de Objetivos.....	6
1.5	Justificación de la investigación .....	7
1.6	Limitaciones de la investigación .....	7

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio.....	8
2.2	Bases Teóricas - científicas.....	12

2.3	Definición de términos básicos.....	16
2.4	Formulación de Hipótesis.....	19
2.5	Identificación de Variables.....	20
2.6	Definición Operacional de variables e indicadores.....	20

### **CAPÍTULO III**

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

3.1	Tipo de investigación.....	22
3.2	Métodos de investigación.....	22
3.3	Diseño de investigación.....	23
3.4	Población y muestra.....	23
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.6	Selección y validación de los Instrumentos de Investigación ..	25
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30
3.8	Tratamiento Estadístico.....	31
3.9	Orientación ética.....	32

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Descripción del trabajo de campo.....	34
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	35
4.3	Prueba de Hipótesis.....	40
4.4	Discusión de resultados.....	42

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Contexto general .....	2
Figura 2 Componente de evaluación .....	3
Figura 3 Ontrario AAQC.....	4
Figura 4 Mapa de ubicación de la investigación .....	5
Figura 5 Población .....	23
Figura 6 Instrumentos empleados .....	25
Figura 7 Instrumentos para medir PM10.....	25
Figura 8 Informe de ensayo .....	29
Figura 9 Resultados de confiabilidad.....	29
Figura 10 Técnica para el Procesamiento y Análisis de Datos .....	30
Figura 11 Rosa de viento.....	30
Figura 12 Modelo Pearson.....	31
Figura 13 Certificado de calibración de los equipos .....	32
Figura 14 Trabajo de campo.....	35
Figura 15 Rosas de viento CA-SB-02.....	38
Figura 16 Rosas de viento por turno.....	38
Figura 17 Comportamiento de PM10.....	39

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Limitación Espacial .....	5
Tabla 2 Especificación de las técnicas .....	12
Tabla 3 Estándares de calidad ambiental para aire de acuerdo al Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM .....	15
Tabla 4 Estándares de calidad de aire de Canadá para los contaminantes	15
Tabla 5 Operacionalización de variables .....	21
Tabla 6 Datos de la variable dependiente.....	26
Tabla 7 Datos de PM 2.5 .....	27
Tabla 8 Prueba de normalidad PM 10 .....	28
Tabla 9 Prueba de normalidad PM 2.5 .....	28
Tabla 10 Resultados de los informes.....	35
Tabla 11 Datos meteorológicos .....	37
Tabla 12 Análisis de correlación .....	40
Tabla 13 Prueba de hipótesis .....	41

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 Matriz de contingencia

Anexo 2 Especificaciones técnicas

Anexo 3 Registro de los parámetros meteorológicos

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

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

Según el informe el INFORME N°359-2018-OEFA/DEAM-STEC de fecha 30 de noviembre dirigido al Director de Evaluación Ambiental

Francisco García Aragón, se comunica que, en diciembre de 2016 mediante el informe N° 117-2016-OEFA-DE-SDLB-CEAI, la dirección de evaluación del organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental dio a conocer las acciones realizadas en el marco de la mesa de desarrollo Simón Bolívar donde realizo un monitoreo de la calidad del aire en los centros poblados de Paragsha, Champamarca y Quiulacocha, analizándose parámetros como material particulado con diámetro menor a 10 micras PM10 y PM2.5, concluyendo que no se excedieron los estándares de calidad ambiental para aire vigentes en el 2016. De acuerdo al informe N° 119-2016-OEFA/DE-SDLB-CEAI, se presume que la posible fuente de contaminación

sería los suelos, puesto que contienen concentraciones de metales pesados que, por acción de remoción y/o como consecuencia de la acción de viento, pueden ser re suspendidos en el aire, Por otro lado, se observó que el flujo vehicular de terceros en el área de estudio es muy bajo.

Figura 1 Contexto general

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 Paragsha, 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 1 de enero al 31 de octubre de 2018

Fuente: OEFA

En setiembre de 2017, el OEFA, asumió el compromiso de realizar la vigilancia ambiental de calidad del aire con una unidad móvil por 90 días calendarios, en el distrito de Simón Bolívar. Los parámetros previstos para la medición fueron PM2.5, PM10, dióxido de azufre SO<sub>2</sub> y dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub>, adicionalmente se estableció la medición

diaria de variables meteorológicas y la determinación de metales en PM10 cada 7 días calendarios.

Mediante el oficio N°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.

La Dirección de Evaluación Ambiental DEAM de la OEFA en el marco de su función evaluadora y en cumplimiento del Plan Anual de Evaluación y

Fiscalización Ambiental - 2018, programo la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el centro poblado de Paragsha.

En informe N° 0181-2018-OEFA/DEAM-STEAC, vigilancia ambiental de calidad de aire realizado el 1 al 30 de abril, indica que las concentraciones de PM10 y SO2, no excedieron los ECA para aire (D.S. N°003-2017-MINAM). Los vientos en horarios diurnos (7:00h -11:00h), 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 SO2 no se presenta excedencia a los ECA para aire.

Y para los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre no excedieron ningún parámetro a los ECAS establecidos por el MINAM

por lo se presenta la necesidad de evaluar el efecto de la meteorología en la propagación de metales pesados como material particulado considerando que para el mes de setiembre se tiene la humedad más baja de 73.1% y una temperatura de 5 C° en promedio.

La figura 2 muestra el componente ambiental y los parámetros evaluados en la estación de vigilancia CA-SB-02.

Figura 2 Componente de evaluación

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

Estándares de calidad de aire de Canadá para los contaminantes del aire por metales pesados, resultados que son comparados con los resultados de la vigilancia ambiental.

Figura 3 Ontario AAQC

CASRN	Contaminante	Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	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	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)

## 1.2 Delimitación de la investigación

La investigación se limita por la:

**Temática:** Basado en la instalación de la geomembrana para la mitigación de contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019

**Espacio:** Localización geográfica en el distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco, departamento de Pasco, como se muestra en la Figura 1.

**Tiempo:** Por el periodo de duración, 2 meses como estipula el cronograma.

Figura 4 Mapa de ubicación de la investigación



Fuente: Google Earth

Tabla 1 Limitación Espacial

Este	Norte	Altitud	DESCRIPCIÓN
0361260	8818065	4295	Desmontera Excelsior

### 1.3 Formulación del problema

#### 1.3.1 Problema principal

¿Cuál es la dispersión del material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ ), con interrelación a los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?

#### 1.3.2 Problemas específicos

¿Cuál es la interrelación de la temperatura ambiental en la dispersión del material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ ) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?

¿Cuál es la interrelación de la humedad relativa ambiental en la dispersión del material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?

¿Cuál es la interrelación de la velocidad del viento en la dispersión del material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?

## **1.4 Formulación de Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar la dispersión del material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>), con interrelación a los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Evaluar la interrelación de la temperatura ambiental en la dispersión del material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

Evaluar la interrelación de la humedad relativa ambiental en la dispersión del material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

Evaluar la interrelación de la velocidad del viento en la dispersión del material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

## **1.5 Justificación de la investigación**

La presente investigación se justifica por el enfoque de investigación siendo de manera cuantitativa y esta se materializa con los cálculos matemáticos y las herramientas informáticas estadísticas que permitan ayudar a determinar el efecto de la meteorología climática en la propagación del material particulado PM10 sobre el centro poblado de Champamarca.

## **1.6 Limitaciones de la investigación**

La presente investigación se limita por el marco teórico proveniente de la carencia del conocimiento disponible en la base de datos de artículos científicos, lo cual corresponde a la temática a la que está enfocada el título entre ellos nos basamos.

- Modelado de la dispersión de material particulado pm10 mediante la estimación de las tasas de emisión considerando la influencia de la meteorología local
- INFORME N° 00011-2019-OEFA/DEAM-STEC 2019-I01-005853
- Dispersión de material particulado (pm10), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos
- Evaluación de la Afectación en la Población y el Ambiente por la Generación de Material Particulado (PM2.5) en el Barrio Huayco – Distrito de Tarapoto – Provincia de San Martín – 2018.
- Modelos lineares aplicados à estimativa da concentraçã do material particulado (pm10) nacidade do rio de janeiro, rj.

Toda la información recopilada a través del sistema de registro de la Organización Evaluación y fiscalización ambiental OEFA, oficina Pasco, y la información procedente del Google Académico

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

Según Lyra et al. (2011) en su artículo científico titulado “Modelos lineales aplicados para estimar la concentración de material particulado (PM10) en la ciudad de Río de Janeiro, RJ” evalúa el mejor ajuste de dos modelos basados en una regresión lineal múltiple de una muestra obtenida al monitorear las 24 horas las partículas con un diámetro inferior a 10  $\mu\text{m}$  (PM10), donde las variables explicativas del primer modelo (M1) son los elementos meteorológicos (temperatura y humedad del aire, precipitaciones, velocidad del viento y presión atmosférica) y el índice de dirección del viento (IDV). Para el segundo modelo (M2), los elementos meteorológicos y el VDI, y la inclusión de la concentración de PM10 del día anterior (PM10.i-1), el monitoreo se realizó entre el 01/05/02 y el 31/08/03 en la localidad de San

cristobal (22° 53' S; 43° 13' W y 24 m) en la ciudad de Río de Janeiro, obteniendo como resultados el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) para el ajuste de los modelos era razonable de 0,557 mostrando un ajuste mayor que el modelo M1 ( $r^2 = 0,334$ ). Los elementos meteorológicos tenían una correlación negativa con el PM10, excepto el índice de dirección del viento, mientras el PM10.i-1, presenta una correlación positiva. La humedad relativa y las precipitaciones mostraron los elementos meteorológicos más significativos en los modelos. Sin embargo, cuando se considera el PM10.i-1 del segundo modelo, esta variable resultó ser la más significativa. Independientemente del modelo, la inclusión de la temperatura del aire no fue significativa ( $p > 0,05$ ). El modelo M2 tenía una concordancia entre los valores estimados y los observados y una mayor precisión que el modelo M1. En cuanto a la predicción de la calidad del aire, los modelos mostraron resultados satisfactorios, destacando el modelo M2.

Según Arrieta Fuentes (2016) en su artículo científico titulado “Dispersión de material particulado (Pm10), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos” menciona que los procesos minero-industriales, traen la generación de impactos al medio ambiente; entre estos la afectación de la calidad del aire producida por la liberación de contaminantes atmosféricos, siendo objeto de estudio el comportamiento de la fracción respirable de material particulado menor a 10 micras (PM10) con respecto a los factores meteorológicos y topográficos. Los escenarios analizados en el estudio involucraron tiempos de exposición diario y anual de PM10, para los cuales se hizo la modelación con el Software AERMOD View. El modelo se corrió para dos zonas topográficas, una zona compleja ubicada en el Municipio de Socha y una zona simple ubicada en el Municipio de

Sogamoso. Se empleó información meteorológica horaria de tipo satelital, en formato SAM para las zonas modeladas. Se identificaron tres tipos de fuentes de emisión en las zonas; teniendo que, predominan las fijas dispersas, seguido de las móviles y en baja proporción las puntuales. Los modelos de dispersión de PM10 realizados para las zonas de topografía simple y compleja, dieron como resultado que la dirección y velocidad del viento está condicionada por la misma. Ésta permitió un flujo libre en la dirección predominante en la rosa de vientos para la zona de topografía simple y un flujo turbulento en la zona compleja. Se determinó que los focos de emisión de PM10 en ambos casos son de escala local; estos presentaron un radio crítico de arrastre y deposición de partículas de 200 m aproximadamente.

Según Abril & Diez (2010) en su artículo científico titulado “Modelado de la dispersión de material particulado PM10 mediante la estimación de las tasas de emisión considerando la influencia de la meteorología local” menciona que el material particulado afecta a más personas más que cualquier otro contaminante atmosférico, por lo que cerca de un tercio de la fracción respirable del material particulado, también denominada PM10, penetra hasta los pulmones pudiendo provocar en el corto plazo la irritación de las vías respiratorias y el deterioro de la función pulmonar, y a largo plazo el desarrollo de enfermedades crónicas, el cáncer o la muerte prematura. Es por ello que surge la necesidad de utilizar herramientas predictivas para la toma de decisiones en el marco de la protección de la salud humana. En este trabajo y con el objetivo de estimar el impacto de las emisiones de PM10 desde un complejo industrial dedicado a la manufactura de cemento, se ha aplicado un modelo computacional para evaluar la dispersión de dicho contaminante teniendo en cuenta la incidencia de la meteorología local. El modelo seleccionado para esta tarea fue el ISC3 (Industrial Source Complex,

3ra versión), desarrollado por la USEPA como de aplicación regulatoria para la estimación de concentraciones ambientales. Para ello primeramente fueron estimadas las tasas de emisión de las fuentes puntuales y difusas de PM10 utilizando el método de los factores de emisión. En segundo término, se preprocesaron los datos meteorológicos utilizados: dirección del viento, velocidad del viento, temperatura ambiente, y estabilidad atmosférica, todos ellos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (5 años de datos horarios, período 2006-2010). Con esta metodología se pudo estimar la variación estacional e interanual de PM10, considerando la influencia de las variables meteorológicas y establecer la importancia relativa de las distintas fuentes de emisión sobre las concentraciones totales en los receptores de interés.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

De acuerdo con (Taípe Coronado, 2014) en su tesis “Evaluación de la Afectación en la Población y el Ambiente por la Generación de Material Particulado (PM2.5) en el Barrio Huayco – Distrito de Tarapoto – Provincia de San Martín – 2018” propone como objetivo determinar si existe afectación en la población y el ambiente por la generación de material particulado (PM2.5) en el barrio Huayco en el distrito de Tarapoto, por ser un problema presente desde muchos tiempo y no existe investigaciones que profundicen este tema. La problemática se debe a que existen calles principales por las cuales circulan diversos vehículos, además, de que hay presencia de calles sin asfaltar la cuales solo son de tierra y esto genera que exista una mayor propagación de material particulado. Para ello se desarrolló el monitoreo en el barrio Huayco en dos puntos siguiendo como base el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos de la Dirección General de Salud Ambiental, siendo el periodo de monitoreo en el mes de

abril con una duración de una semana por cada punto de monitoreo. Como resultados se pudieron observar que en el primer punto de monitoreo (Av. Vía de Evitamiento) el parámetro evaluado sobrepasa el límite del estándar de calidad de aire, además, que se encuentra con una calidad de aire “Mala” de acuerdo a Índice de Calidad de Aire (INCA); mientras que en el segundo punto (Jr. José Olaya) el parámetro no sobrepasa el límite, pero si se encuentra con una calidad de aire “Mala” como en el primer punto. Así mismo, se realizó una encuesta en la que los habitantes dieron su opinión a las preguntas planteadas por el autor, la cual fueron respondidas según el punto de vista de cada uno

## 2.2 Bases Teóricas - científicas

Técnicas se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2 Especificación de las técnicas

Parámetros	Métodos	Técnica Empleada
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	Método manual IC-MA-95 Rev.02 (Validado) 2017	Determinación de Peso: Filtro PM10 Alto Volumen
Metales en PM <sub>10</sub>	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	-

Fuente: OEFA

De acuerdo al informe de Fajardo Vargas (2019) de la dirección de evaluación ambiental perteneciente a la OEFA menciona que los datos meteorológicos fueron procesados para la elaboración de los diagramas denominados rosas de vientos, los cuales representan la dirección y velocidad de viento en un plano polar con las coordenadas geográficas de la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire; con el fin de evaluar la

influencia de la meteorología local sobre los parámetros ambientales y su posible procedencia.

Las muestras de material particulado contenidos en los filtros de PM10 fueron enviadas a un laboratorio acreditado para la determinación de su peso, así como para el análisis de metales en filtros PM10. Adicionalmente, para la determinación de PM10 se calculó el flujo según la siguiente ecuación:

$$Q_{std} = Q_a \left( \frac{P_{av}}{T_{av}} \right) \left( \frac{T_{std}}{P_{std}} \right)$$

Donde:

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

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

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

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

$T_{std}$  = Temperatura estándar para  $PM_{10}$  a 25°C (i.e. 298K) y metales a 10°C (i.e. 283K)

$P_{std}$  = 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:

$$V_{std} = (Q_{std})(t)$$

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 obtenida de la metodología para la determinación de material particulado indicada en la tabla anterior.

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

Donde:

$C_{PM_{10}}$  = Concentración de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

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

$V_{std}$  = Volumen de aire muestreado a condiciones estándar ( $\text{m}^3$ ).

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.

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

Donde:

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

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

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

Para el cálculo del volumen de aire muestreado de PM<sub>10</sub> se realizó a una temperatura de 25°C y de los metales en PM<sub>10</sub> se calculó a 10°C como temperatura estándar, para su comparación con la norma de referencia Ontario's Ambient Air Quality Criteria Standards (AAQC) - abril 2012

### Criterios de evaluación

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, según se indica en la Tabla.

Tabla 3 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
Material particulado menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año
Plomo (Pb) en (PM <sub>10</sub> )	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año

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 tabla . 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 4 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
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)

### 2.3 Definición de términos básicos

#### **Meteorología:**

La meteorología (del griego μετέωρον metéōron 'alto en el cielo', 'meteoros'; y λόγος lógos 'conocimiento', 'tratado') es la ciencia interdisciplinaria, de la física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos producidos y las leyes que lo rigen (Wikipedia, 2020b).

#### **Metales pesados:**

Los consumidores, o por la lluvia ácida que agrieta los suelos y pueden llegar por estas grietas los metales pesados a las aguas subterráneas o simplemente la lluvia ácida los. El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd) el arsénico (As), el cromo (Cr), el talio (Tl), y el plomo (Pb). Los metales pesados son componentes naturales de la

corteza de tierra. No pueden ser degradados o ser destruidos. En un grado pequeño se incorporan a nuestros cuerpos vía el alimento, el agua potable y el aire. Como elementos de rastro, algunos metales pesados (e.g. cobre, selenio, cinc) son esenciales mantener el metabolismo del cuerpo humano. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden conducir al envenenamiento. El envenenamiento por metal pesado podría resultar, por ejemplo, de la contaminación del agua potable (e.g. tuberías del plomo), las altas concentraciones en el aire cerca de fuentes de la emisión, o producto vía la cadena de alimento.

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, comparada a la concentración del producto químico en el ambiente. Se analizan (metabolizado) o se excretan los compuestos acumulan en cosas vivas cualquier momento se toman y se almacenan más rápidamente que ellos(Lenntech, 2020).

### **PM10**

Se denomina PM10 (del inglés Particulate Matter) a pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro aerodinámico es menor que 10  $\mu\text{m}$  (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).

La contaminación atmosférica por material particulado es la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada

en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre (causas antropogénicas) (Wikipedia, 2020c).

### **Temperatura ambiental**

La temperatura ambiente es la que está comprendida entre las temperaturas que la gente prefiere para lugares cerrados. Representa el rango en el cual el aire no se siente ni muy frío ni caliente cuando se usa ropa de entrecasa. Este rango está entre 15 °C (59 °F) y 30 °C (86 °F) y es el rango para regular la temperatura que ofrecen los dispositivos de control climático(Wikipedia, 2020f).

### **Humedad Ambiental**

La humedad del aire se debe al vapor de agua que se encuentra presente en la atmósfera. El vapor procede de la evaporación de los mares y océanos, de los ríos, los lagos, las plantas y otros seres vivos. La cantidad de vapor de agua que puede absorber el aire depende de su temperatura. El aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío.

Una forma de medir la humedad atmosférica es mediante el higrómetro.

El vapor de agua tiene una densidad menor que la del aire, por tanto, el aire húmedo (mezcla de aire y vapor de agua) es menos denso que el aire seco. Por otra parte, las sustancias al calentarse dilatan, lo que les confiere menor densidad. Todo ello hace que el aire caliente que contiene vapor de agua se eleve en la atmósfera terrestre. La temperatura de la atmósfera disminuye una media de 0,6 °C cada 100 m en adiabática húmeda, y 1,0 °C, en adiabática seca. Al llegar a zonas más frías el vapor de agua se condensa y forma las nubes (de gotas de agua o cristales de hielo). Cuando estas gotas

de agua o cristales de hielo pesan demasiado caen y originan las precipitaciones en forma de lluvia o nieve(Wikipedia, 2020a).

### **Rosa de viento**

Una rosa de los vientos es un símbolo en forma de círculo que tiene marcado alrededor los rumbos en que se divide la circunferencia del horizonte, y que serían sur, este, norte y oeste. Su invención se atribuye al mallorquín Ramon Llull, aunque la descripción pormenorizada que da Plinio el Viejo en libro II1 podría haber sido su referencia básica(Wikipedia, 2020e).

### **Propagación**

Se llama propagación al conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas del transmisor al receptor. Esta propagación puede realizarse siguiendo diferentes fundamentos físicos, cada uno más adecuado para un rango de frecuencias de la onda a transmitir. Los modos de propagación más frecuentes son(Wikipedia, 2020d):

- La propagación ionosférica
- La propagación troposférica
- La propagación por onda de superficie

## **2.4 Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis General**

La evaluación de la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5), se interrelaciona con los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

### **2.4.2 Hipótesis Específicas**

La evaluación de la temperatura ambiental se interrelaciona con la dispersión del material particulado (PM10 y PM2.5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

La evaluación de la humedad relativa ambiental se interrelaciona con la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

La evaluación de la velocidad del viento se interrelaciona con la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

### **2.5 Identificación de Variables**

En el proceso de la identificación de las variables se empleó el diagrama de Ishikawa (causa – efecto), por lo que las variables son:

#### **Variable Independiente:**

Factores Meteorológicos.

#### **Variable dependiente:**

Material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>).

### **2.6 Definición Operacional de variables e indicadores**

En la siguiente sección se define el proceso que relaciona las variables independientes como dependiente, definiendo sus características que son medibles mediante un instrumento y esta al ser evaluada determina un indicador de manera cuantitativa, al igual que cualitativa como se define en

la siguiente tabla, además genera la formulación de los objetivos de la presente investigación.

Tabla 5 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Factores meteorológicos	Define el clima a través del tiempo	Se define por Temperatura ambiental	Reporte del instrumento °C	Termómetro
		Humedad	Reporte del instrumento %HR	Higrómetro
		Velocidad de viento	Reporte del instrumento m/s	Anemómetro
Dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5)	Partículas en suspensión generado por la actividad minera	Plomo, Arsénico y otros	Límites máximos permisibles	Reporte de monitoreo de vigilancia ambiental

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

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

#### **3.1 Tipo de investigación**

La presente es medida por el grado de profundidad del conocimiento que aborda el fenómeno u objeto de estudio, por lo que es de tipo descriptivo ya que se basa en los análisis correlacionales de las variables lo que proporciona llevar a cabo estudios explicativos, ya que no se ejerce ninguna manipulación de las variables. (Arias, 2012)

#### **3.2 Métodos de investigación**

Como menciona Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018) el método deductivos-cuantitativos, generaliza la extrapolación de resultados hacia la población lo que permite formular la hipótesis y obtener conclusiones, en el caso de las muestras dirigidas implican algunas desventajas. La primera es que, al no ser probabilísticas, no es posible calcular con precisión el error

estándar, es decir, no podemos determinar con qué nivel de confianza hacemos una estimación.

### **3.3 Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, descriptivo, basado en las características que muestra los reportes de los instrumentos de medición y de esta forma inferir el comportamiento de la población. (Arias, 2012)

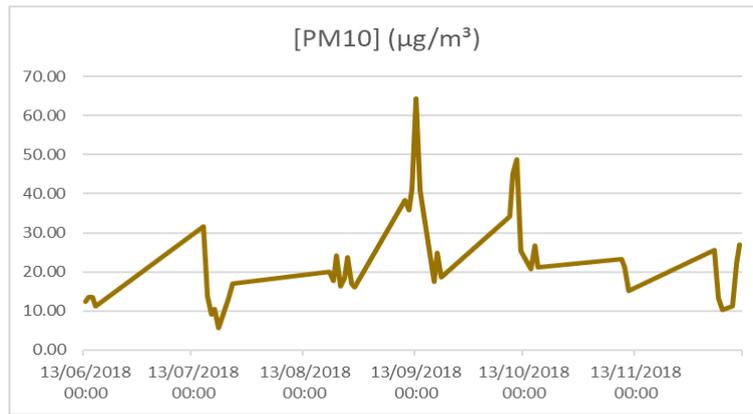
Al ser de nivel de investigación descriptiva caracterizamos un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Ubicado en el nivel intermedio en cuanto a la profundidad del conocimiento que a su vez se divide en investigación descriptiva. De esta forma empleamos los parámetros estadísticos para luego realizar una prueba de hipótesis no paramétrica según la normalidad de los datos del material particulado, infiriendo la interrelación de las variables de investigación (Areas, 2006)

### **3.4 Población y muestra**

#### **3.4.1 Población**

Según Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), define a la población como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones siendo esta todo los datos de PM10 y PM 2.5 además de los parámetros meteorológicos correspondientes al año 2018, como muestra la serie temporal en la figura.

Figura 5 Población

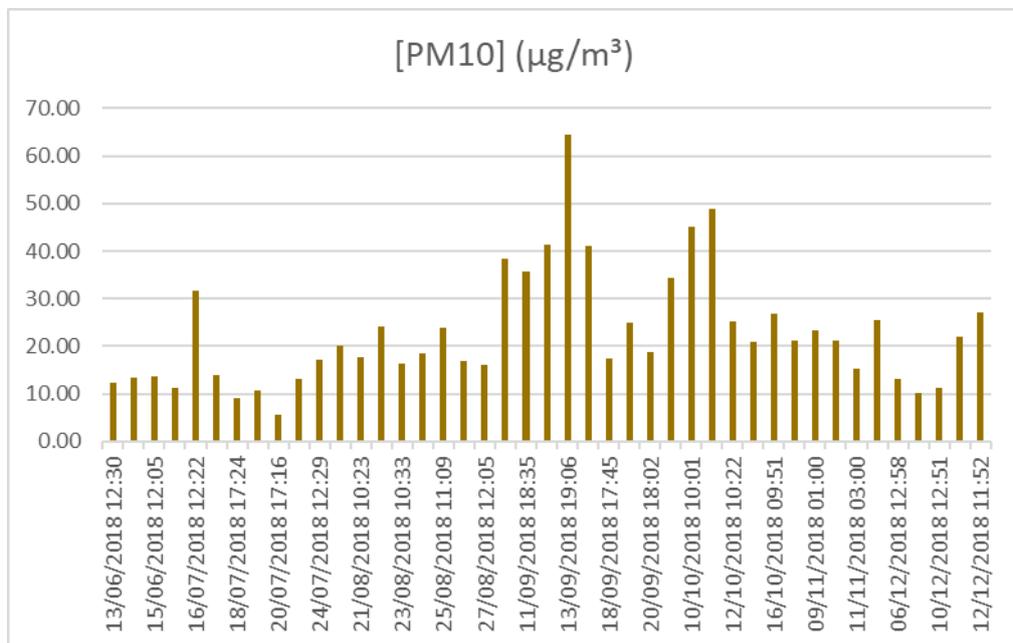


Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2 Muestra

Tamaño de muestra es de 43 registros correspondiente a los meses de junio a diciembre, para ser analizado en nuestro estudio, también es de tipo no probabilístico intencionado, por la información contenida el Informe N.º 0360-2018-OEFA/DREAM-STECC que en promedio se recopila los datos entre 3 a 4 días por las 24 horas, estas se mencionan en la siguiente figura.

Figura 1 Conjunto de datos de la muestra



Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas mencionadas en el informe se muestran en la siguiente figura

Figura 6 Instrumentos empleados

Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
Material particulado menor o igual a 10 micras (PM <sub>10</sub> ) – Alto Volumen (1)	Método manual de la EPA/625/R-96-010 <sup>a</sup> - Compendium Method IO-3.1; Ítem 4 y 5 (excepto 5.1.1; 5.2.3.7 y 5.3), June 1999- (Validad)-No incluye muestreo	<i>Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material – PM<sub>10</sub> Alto volume</i>
Metales en PM <sub>10</sub> – Alto Volumen (2)	EPA IO-3.5, June 1999	<i>Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma / Mass Spectrometry (ICP/MS)</i>
Material particulado menor o igual a 10 micras (PM <sub>10</sub> ) - Alto Volumen (3)	Método manual IC-MA-95 Rev.02 (Validado) 2017	Determinación de Peso: Filtro PM10 Alto Volumen
Metales en PM <sub>10</sub> - Alto Volumen (4)	EPA IO-3.4, 1999. <i>Determination of Metals in Ambient Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectroscopy</i>	Metales por ICP OES: Filtro PM10 Alto Volumen
- Velocidad de viento - Dirección de viento - Temperatura ambiente - Humedad relativa - Precipitación - Presión barométrica	Método automático	-

Fuente: OEFA

Para la investigación la estrategia emplea es el análisis estadístico, con el manejo del estadístico coeficiente de correlación de Pearson para validar la dependencia de los parámetros meteorológicos con el material particulado.

Los instrumentos de recolección de datos se dividen de acuerdo a las variables de investigación esta se menciona en la siguiente figura

Figura 7 Instrumentos para medir PM10

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

Fuente: OEFA

### 3.6 Selección y validación de los Instrumentos de Investigación

En este acápite corresponde a la prueba de normalidad las variables como manera de selección de los datos ver la tabla

Tabla 6 Datos de la variable dependiente

Fecha Inicio	Fecha Final	[PM10] ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
13/06/2018 12:30	14/06/2018 11:30	12.40
14/06/2018 12:20	15/06/2018 11:25	13.50
15/06/2018 12:05	16/06/2018 13:05	13.60
16/06/2018 14:35	17/06/2018 15:09	11.30
16/07/2018 12:22	17/07/2018 12:20	31.70
17/07/2018 12:39	18/07/2018 12:00	13.80
18/07/2018 17:24	19/07/2018 17:24	9.20
19/07/2018 17:39	20/07/2018 17:04	10.60
20/07/2018 17:16	21/07/2018 17:16	5.60
23/07/2018 11:52	24/07/2018 11:52	13.20
24/07/2018 12:29	25/07/2018 12:10	17.10
20/08/2018 10:14	21/08/2018 10:06	20.10
21/08/2018 10:23	22/08/2018 10:00	17.80
22/08/2018 10:13	23/08/2018 10:13	24.10
23/08/2018 10:33	24/08/2018 10:33	16.30
24/08/2018 11:43	25/08/2018 10:59	18.50
25/08/2018 11:09	26/08/2018 11:09	23.80
26/08/2018 11:42	27/08/2018 11:42	16.90
27/08/2018 12:05	28/08/2018 12:05	16.10
10/09/2018 18:15	11/09/2018 18:00	38.30
11/09/2018 18:35	12/09/2018 18:30	35.70
12/09/2018 18:39	13/09/2018 18:39	41.30
13/09/2018 19:06	14/09/2018 18:10	64.40
14/09/2018 18:30	15/09/2018 18:30	41.00
18/09/2018 17:45	19/09/2018 17:45	17.50
19/09/2018 18:06	20/09/2018 17:53	25.00
20/09/2018 18:02	21/09/2018 17:51	18.70
09/10/2018 10:37	10/10/2018 09:52	34.30
10/10/2018 10:01	11/10/2018 09:49	45.10
11/10/2018 10:01	12/10/2018 10:01	48.80
12/10/2018 10:22	13/10/2018 10:22	25.30
15/10/2018 09:36	16/10/2018 09:36	20.80
16/10/2018 09:51	17/10/2018 09:51	26.80
17/10/2018 10:02	18/10/2018 10:02	21.20
09/11/2018 01:00	10/11/2018 01:00	23.30

10/11/2018 02:00	11/11/2018 02:00	21.20
11/11/2018 03:00	12/11/2018 03:00	15.20
05/12/2018 13:00	06/12/2018 12:45	25.60
06/12/2018 12:58	07/12/2018 12:30	13.20
07/12/2018 12:45	08/12/2018 12:45	10.30
10/12/2018 12:51	11/12/2018 12:23	11.20
11/12/2018 12:30	12/12/2018 11:42	22.00
12/12/2018 11:52	13/12/2018 11:52	27.00

Fuente: Organización de Evaluación y fiscalización Ambiental

En el caso del material particulado PM 2.5, esta se extrae de los reportes del monitoreo realizado por la Empresa Activos Mineros en los mismos meses de estudio, es la razón que los valores no concuerdan en los mismos días, de esta manera se logra cumplir con el objetivo de estudio a pesar de la limitación que en los reportes de monitoreo por la OEFA no se mide la variable material particulado 2.5

Tabla 7 Datos de PM 2.5

FECHA	PM 2.5 (ug/m3)
13/06/2018	6.7
05/07/2018	4.2
17/07/2018	6
30/07/2018	9.4
16/08/2019	12
30/08/2018	23
15/09/2018	13
29/09/2018	16
14/10/2018	5
29/10/2018	4
14/11/2018	4
13/12/2018	6
28/12/2018	3

Fuente: Activos Mineros

Si analizamos los datos importados al software SPSS, de la variable dependiente se obtiene un p valor, menor al 0.05 lo que demuestra que la variable es distinta a una distribución normal.

Tabla 8 Prueba de normalidad PM 10

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
[PM10] (ug/m3)	,154	43	,012	,886	43	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Para 43 datos el p valor es menor al 0.05 por lo tanto no presenta una distribución normal

Tabla 9 Prueba de normalidad PM 2.5

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
[PM2.5] (ug/m3)	,244	13	,033	,842	13	,022

a. Corrección de significación de Lilliefors

Para 13 datos el p valor es menor al 0.05 por lo tanto no presenta una distribución normal

Por la cantidad de datos menores a 50, se emplea la prueba de shapiro-Wilk, y se concluye que la variable dependiente de la investigación no presenta una distribución normal.

Respecto a la validación de instrumentos se muestra en las figuras los certificados de calibración y de ensayo

Figura 8 Informe de ensayo

### INFORME DE ENSAYO

#### N° FEB1089.R19

<b>SOLICITANTE :</b>	ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL
<b>DOMICILIO LEGAL :</b>	Av. Faustino Sánchez Carrión N° 603 Jesús María, Lima
<b>SOLICITADO POR :</b>	Dirección de Evaluación Ambiental
<b>SOLICITUD DE SERVICIO AMBIENTAL:</b>	SSA N° 34-19
<b>REFERENCIA :</b>	CUC: 0003-1-2019-401 R.S. N°: 0026-2019 Simon Bolivar / Pasco / Pasco Monitoreo Calidad de Aire
<b>FECHA DE MUESTREO :</b>	2019/01/28 al 2019/01/31
<b>PROTOCOLO :</b>	--
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Filtro
<b>NÚMERO DE MUESTRAS :</b>	3
<b>PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Filtro de Cuarzo de 8"x10"
<b>CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS : RECEPCIONADAS</b>	Muestras en buenas condiciones para los análisis solicitados.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN :</b>	viernes, 08 de febrero de 2019
<b>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS :</b>	Según se indica
<b>FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO :</b>	2019-02-08 al 2019-02-13
<b>FECHA DE REPORTE :</b>	miércoles, 13 de febrero de 2019
<b>PERIODO DE CUSTODIA :</b>	Hasta un mes. De acuerdo a las recomendaciones de la metodología o norma empleada.



**EDGAR NINA VELÁSQUEZ**  
Jefe Ambiental  
CQP. 729  
Lima, 13 de febrero de 2019

"Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A."  
 "Los resultados de los ensayos no deban ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce".  
 Los resultados corresponden a las muestras indicadas.

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

Resultados de la calibración como muestra la figura

Figura 9 Resultados de confiabilidad

Muestras		Elementos						
N°	Codigo de Servicio Elemento Nombre de Análisis Unidad Límite de Cuantificación LC Límite de Detección LD	MON0000 Fecha Monitoreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Codigo de Filtro* PM10	MA0216 Peso. Inicial* PM10 g	MA0216 Peso. Final* PM10 g	MA0216 Determinación de Peso: PM10_AV µg/Muestra 5582 1229	Incertidumbre Determinación de Peso: PM10_AV µg/Muestra
1	CA-SB-02	Inicio: 2019-01-28 17:12 Fin: 2019-01-29 17:10	Filtro	0007A.R19	3.3705	3.3784	7900	2107
2	CA-SB-02	Inicio: 2019-01-29 17:15 Fin: 2019-01-30 16:55	Filtro	0008A.R19	3.3916	3.3991	7500	2103
3	CA-SB-02	Inicio: 2019-01-30 17:10 Fin: 2019-01-31 17:10	Filtro	0009A.R19	3.3864	3.3960	9600	2125

Muestras proporcionadas por el cliente

### 3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La técnica empleada en la investigación se basa en los reportes entregados por la OEFA que estas dependen de su laboratorio

El procedimiento para el análisis de los datos es determinar la muestra, agrupando cada cuadro en una tabla, para importar al SPSS, con ello obtener la relación de las variables. Una de las técnicas más utilizadas basadas en el método científico se muestra en la siguiente imagen

Figura 10 Técnica para el Procesamiento y Análisis de Datos

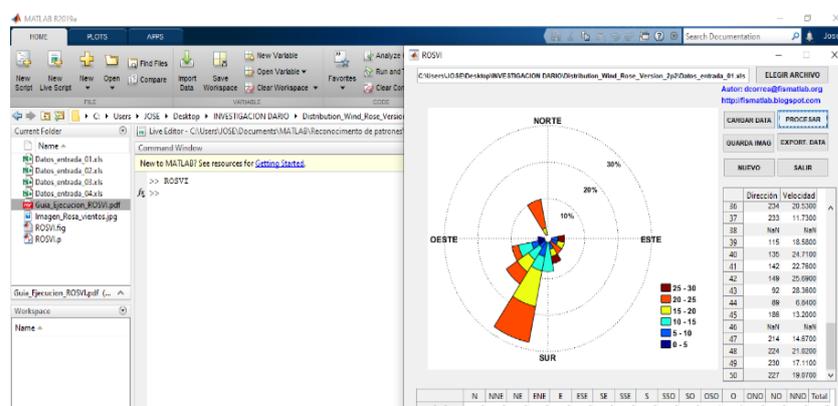


Fuente: Mathworks

Cuyo flujo comienza con la obtención de los datos, seguido del procesamiento de los datos, Tercero la obtención de modelos de tendencia y el cuarto del análisis de resultados para generar las conclusiones de la investigación.

Como se menciona en los antecedentes una estrategia para medir la dispersión del material particulado es la rosa de viento, como muestra la figura

Figura 11 Rosa de viento



Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Tratamiento Estadístico

Por la naturaleza de la investigación, y de análisis transversal descriptivo aplicada a la muestra para soportarnos en la Inferencia estadística

En estadística, el coeficiente de correlación de Pearson es una medida de dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.

De manera menos formal, podemos definir el coeficiente de correlación de Pearson como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas y continuas.

Sean  $X$  y  $Y$  dos variables aleatorias sobre una población; el coeficiente de correlación de Pearson denotado por  $\sigma(X, Y)$  se define como:

Figura 12 Modelo Pearson

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{Var}(X) \text{Var}(Y)}}$$

Donde:

- $\sigma_{XY}$  es la **covarianza** de  $(X, Y)$
- $\sigma_X$  es la **desviación estándar** de la variable  $X$
- $\sigma_Y$  es la **desviación estándar** de la variable  $Y$

**Para la prueba de normalidad.**

En cuanto a la muestra para un tamaño máximo de 50 se contrasta la normalidad con la prueba de shapiro Shapiro-Wilk. Para efectuarla se calcula la media y la varianza muestral,  $S^2$ , y se ordenan las observaciones de menor a mayor. A continuación, se calculan las diferencias entre: el primero y el último; el segundo y el penúltimo; el tercero y el antepenúltimo, etc. y se corrigen con unos coeficientes tabulados por Shapiro y Wilk. El estadístico de prueba es:

$$W = \frac{D^2}{nS^2}$$

donde D es la suma de las diferencias corregidas.

#### **Para la prueba de hipótesis:**

En esta prueba se evalúa la hipótesis nula de que la media de la población estudiada es igual a un valor especificado  $\mu_0$ , se hace uso del estadístico:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}},$$

Donde:  $\mu_0$  es la media muestral, s es la desviación estándar muestral y n es el tamaño de la muestra. Los grados de libertad utilizados en esta prueba se corresponden al valor  $n-1$ .

### **3.9 Orientación ética**

Derecho de autor: El inciso 9) del artículo 2º, de la Ley sobre el Derecho de autor, hace referencia al derecho de divulgación, además de presentar los certificados de calibración de los instrumentos que sirvieron para alcanzar el objetivo de la presente investigación.

Figura 13 Certificado de calibración de los equipos

1. Cliente : ORGANISMO DE EVALUACION Y FISCALIZACION AMBIENTAL - OEFA
2. Dirección : Av. Faustino Sánchez Carrión Nro. 603 Lima - Jesús María
3. Datos del Instrumento
- |                          |                             |                          |                            |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| .Instrumento de Medición | : Muestreador de Partículas | .N° de serie del venturi | : P9327 X                  |
| .Marca                   | : Thermo Scientific         | .Flujo                   | : 1,13 m <sup>3</sup> /min |
| .Modelo                  | : Volumétrico               | .Motor                   | : 1 HP / 220V              |
| .Identificación          | : 60226409-0028             |                          |                            |
4. Lugar de Calibración : Laboratorio de Flujo de Aire - Green Group PE S.A.C.
5. Fecha de Calibración : 2017-09-04

6. Método de Calibración
- La calibración fue realizada de acuerdo al EPA Compendium Method IO - 2.1.

7. Condiciones Ambientales.

	Temperatura [°C]	Humedad Relativa [%RH]	Presión Atmosférica [mbar]
Inicial	24,2	51,6	999,9
Final	24,6	50,3	1000,0

8. Trazabilidad.

Patrón Usado	Código Interno	N° Serie /Certificado	F. Vencimiento
Calibrador Varioflow Tech / TE-5028A	GGP-75	336N	2018-06-03
Manómetro Diferencial Digital	GGP-23	LFP-305-2016	2017-09-06
Barómetro	GGP-02	LFP-227-2017	2019-07-04
Termómetro	GGP-02	T-1553-2017	2019-06-08

9. Resultados

Ta [°K]	297	Presión (in hg)	29,52	Slope	:	0,98829
Ta [°C]	24,4	Pa (mmHg)	750,0	Int	:	-0,01889

Corrída Número	Orificio [H2O]	Qa [m <sup>3</sup> /min]	Muestreador [H2O]	PF [mm Hg]	Pa/Pa	Leak Up [m <sup>3</sup> /min]	% de Diferencia
1	1,20	1,182	10,06	18,769	0,975	1,100	1,52%
2	1,15	1,174	12,07	22,517	0,970	1,194	1,70%
3	1,09	1,162	14,06	26,232	0,965	1,187	2,15%
4	1,05	1,154	16,04	29,928	0,960	1,181	2,34%
5	1,00	1,143	18,02	33,630	0,955	1,174	2,71%

Incertidumbre de medición: 0,015 m<sup>3</sup>/min

10. Observaciones

- a) El método de referencia establece que se debe tener un % de diferencia menor al +/- 4%.
- b) El tiempo mínimo de estabilización del motor antes de la calibración fue de 15 minutos.
- c) La calibración se realizó con motor Thermo Scientific 2340.

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura A=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

Los resultados emitidos son válidos solo para el motor instalado y venturi calibrado, en el momento de la Calibración.

Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos en base a las características del instrumento.

La información técnica en el presente certificado ha sido estimado siguiendo los directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medición" primera edición, septiembre 2008 CEM.

El certificado de Calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sellos carecen de validez.

Fecha de Emisión:

Jefe de Laboratorio de Calibración

2017-09-07



Enzo Barrera

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACION CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY"



## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

A continuación, se menciona el conjunto de pasos que se realizó para adquirir los resultados a fin de cumplir con el objetivo de la investigación.

Como es de conocimiento público se viene realizando vigilancia ambiental realizada en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco por la presunta afectación de la calidad del aire debido a las actividades de remoción de material particulado del botadero “Excelsior” de la empresa, la Institución Educativa N.º 34037 del centro poblado

Se procede a solicitar información al Organismo de evaluación y fiscalización ambiental OEFA de la sede Pasco, correspondiente a los datos de monitoreo del año 2018 por lo que nos entregó solo del periodo de

monitoreo que contempla 13,14,15,16 y 17 del mes de junio, seguidamente de los meses de julio hasta diciembre como muestra las tablas

En el informe N° 360-2018-OEFA/DEAM-STEAC, contemplan las imágenes de los trabajos de campo como se muestra en la figura

Figura 14 Trabajo de campo



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

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

Los datos se organizan en las tablas para su correspondiente análisis estadístico, priorizando las variables de estudio como; parámetros meteorológicos correspondiente a la variable independiente y material particulado a la variable dependiente, como se muestra en la tabla

Tabla 10 Resultados de los informes

Fecha Inicio	Fecha Final	Temperatura ambiental (°C)	Presión ambiental (mm Hg)	[PM10] (µg/m³)	HR %	Velocidad viento (m/s)
13/06/2018 12:30	14/06/2018 11:30	3.3	458.8	12.40	90.20	1.50
14/06/2018 12:20	15/06/2018 11:25	4	458.6	13.50	82.00	1.40
15/06/2018 12:05	16/06/2018 13:05	4.6	458.8	13.60	77.00	1.10
16/06/2018 14:35	17/06/2018 15:09	4	459.5	11.30	84.90	0.90
16/07/2018 12:22	17/07/2018 12:20	2.8	459.1	31.70	65.90	0.70

17/07/2018 12:39	18/07/2018 12:00	3.9	458.6	13.80	78.90	1.30
18/07/2018 17:24	19/07/2018 17:24	3.6	457.8	9.20	87.10	1.00
19/07/2018 17:39	20/07/2018 17:04	3.8	457.7	10.60	83.60	1.70
20/07/2018 17:16	21/07/2018 17:16	3.7	457.7	5.60	83.90	1.00
23/07/2018 11:52	24/07/2018 11:52	4.6	459.1	13.20	66.60	1.12
24/07/2018 12:29	25/07/2018 12:10	3.7	459.2	17.10	72.70	0.80
20/08/2018 10:14	21/08/2018 10:06	4.7	458.8	20.10	84.20	0.79
21/08/2018 10:23	22/08/2018 10:00	5.3	458.8	17.80	73.89	1.17
22/08/2018 10:13	23/08/2018 10:13	5.6	459.9	24.10	76.90	0.77
23/08/2018 10:33	24/08/2018 10:33	3.8	458.1	16.30	84.66	0.67
24/08/2018 11:43	25/08/2018 10:59	3.5	458.4	18.50	83.90	0.72
25/08/2018 11:09	26/08/2018 11:09	4.3	458.9	23.80	72.41	0.80
26/08/2018 11:42	27/08/2018 11:42	4.3	458.5	16.90	70.48	0.88
27/08/2018 12:05	28/08/2018 12:05	2.9	458.4	16.10	80.05	1.34
10/09/2018 18:15	11/09/2018 18:00	5.4	458.5	38.30	67.45	0.64
11/09/2018 18:35	12/09/2018 18:30	4.6	458.2	35.70	69.46	0.62
12/09/2018 18:39	13/09/2018 18:39	5.9	457.7	41.30	73.70	0.83
13/09/2018 19:06	14/09/2018 18:10	6.3	457.5	64.40	60.94	1.20
14/09/2018 18:30	15/09/2018 18:30	5.2	457.2	41.00	68.30	0.83
18/09/2018 17:45	19/09/2018 17:45	4.6	458	17.50	84.06	0.63
19/09/2018 18:06	20/09/2018 17:53	4.6	458.2	25.00	77.84	0.64
20/09/2018 18:02	21/09/2018 17:51	5.9	458.4	18.70	78.42	0.57
09/10/2018 10:37	10/10/2018 09:52	7.6	457.3	34.30	80.13	0.80
10/10/2018 10:01	11/10/2018 09:49	7.1	457.5	45.10	73.38	0.74
11/10/2018 10:01	12/10/2018 10:01	5.7	457.7	48.80	67.48	0.59
12/10/2018 10:22	13/10/2018 10:22	5.2	457.9	25.30	70.70	0.66
15/10/2018 09:36	16/10/2018 09:36	6.3	457.9	20.80	78.75	0.78
16/10/2018 09:51	17/10/2018 09:51	5.7	457.5	26.80	84.91	0.38
17/10/2018 10:02	18/10/2018 10:02	5.9	457.6	21.20	81.72	0.69
09/11/2018 01:00	10/11/2018 01:00	6.4	457.5	23.30	60.94	1.20
10/11/2018 02:00	11/11/2018 02:00	5.2	457.2	21.20	68.30	0.83
11/11/2018 03:00	12/11/2018 03:00	5.9	457.7	15.20	73.70	0.83
05/12/2018 13:00	06/12/2018 12:45	4.9	461.5	25.60	72.00	0.80
06/12/2018 12:58	07/12/2018 12:30	6.9	462.2	13.20	68.50	1.30
07/12/2018 12:45	08/12/2018 12:45	5.7	462.8	10.30	76.00	0.60
10/12/2018 12:51	11/12/2018 12:23	6.6	463.1	11.20	75.10	1.00
11/12/2018 12:30	12/12/2018 11:42	6.9	463.3	22.00	66.90	0.90
12/12/2018 11:52	13/12/2018 11:52	5.6	463.1	27.00	72.60	1.00

Fuente: Elaboración propia

En el informe de la OEFA se detalla los valores máximos y mínimos de los parámetros meteorológicos registrados en el punto de monitoreo CA-SB-

02, lo que conllevó a estructurar la siguiente tabla mencionando las fechas de recolección de datos

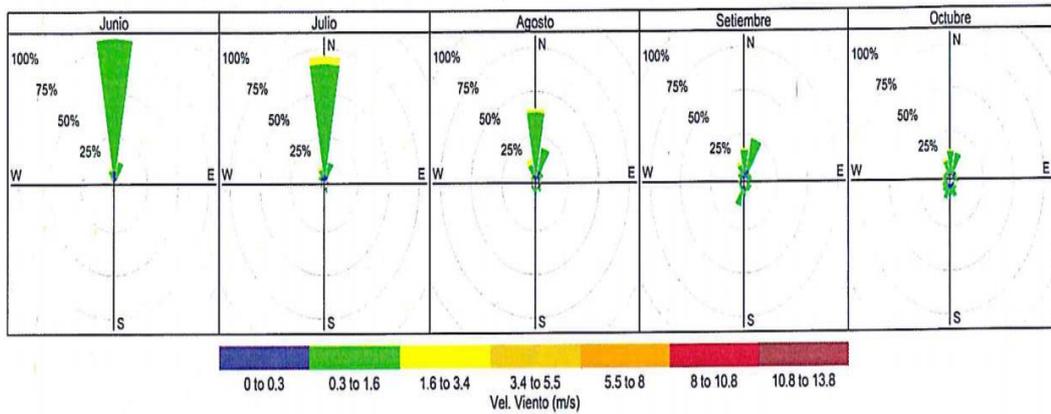
Tabla 11 Datos meteorológicos

Valores Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Presión barométrica (mmHg)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Junio (13-16)					
Mínimo	1.2	53.6	457.5	0.2	0
Promedio	4	84.4	458.8	0.9	0.1
Máximo	9.5	98.2	459.8	1.8	2.6
Julio (16-20,23y 24)					
Mínimo	-3.1	39.1	456.7	0	0
Promedio	3.8	79.4	458.5	0.9	0.1
Máximo	11.4	99.3	460	2	1
Agosto (20-27)					
Mínimo	-1.9	42.9	457	0	0
Promedio	4.3	76.7	458.6	0.9	0.2
Máximo	11.2	99.3	459.9	2.8	8.6
Setiembre (10-14,18-20)					
Mínimo	-1.1	24.2	455.7	0.1	0
Promedio	5.4	74	458	0.7	0.2
Máximo	13.7	99.3	459.7	2.5	12.2
Octubre (9-11, 15-17)					
Mínimo	1	37.7	455.9	0	-
Promedio	6.2	75.5	457.7	0.7	-
Máximo	15.2	98.6	459.3	2.1	-
Noviembre (9-11)					
Mínimo	1	47.8	456	0	-
Promedio	6.6	80.7	457.6	0.6	-
Máximo	13.2	99.3	458.6	2.4	-
Diciembre (5-11,12)					
Mínimo	0	38.1	456	0	0
Promedio	6	77.7	460.5	0.9	0
Máximo	16.6	99.3	464.4	2.6	0.3

Fuente: Elaboración propia

Se presenta las rosas de viento mensuales y se observa que el último mes de otoño junio la predominancia de los vientos fue en dirección norte con vientos del tipo ventolina (0.3 m/s - 1.6 m/s); en invierno julio a septiembre persiste la predominancia de los vientos que vienen del norte (N) y norte noreste (NNE) con ventolina y brisas ligeras (1.6 m/s - 3.4 m/s) a principios de la primavera octubre predomina los vientos que provienen del y norte (N) y norte noreste (NNE) pero con calmas (0 m/s - 0.3 m/s) y ventolina.

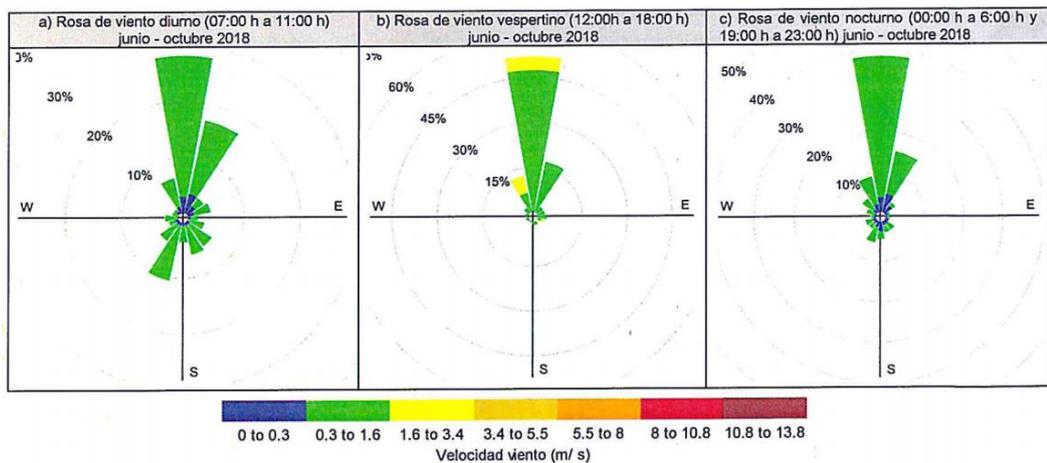
Figura 15 Rosas de viento CA-SB-02



Fuente: OEFA

La rosa de viento diurno muestra que la predominancia de los vientos fue desde el norte (N) y norte noreste (NNE) con vientos del tipo calma (0 m/s - 0.3 m/s) y ventolina (0.3 m/s - 1.6 m/s) en la figura 7.2b en horario vespertino los vientos provienen en la dirección norte con vientos ventolina y Brisa ligera (1.6 m/s - 3.4 m/s) en la figura 7.2c. En horario nocturno los vientos tuvieron predominancia desde Norte y noreste (NNE) con calmas y ventolina.

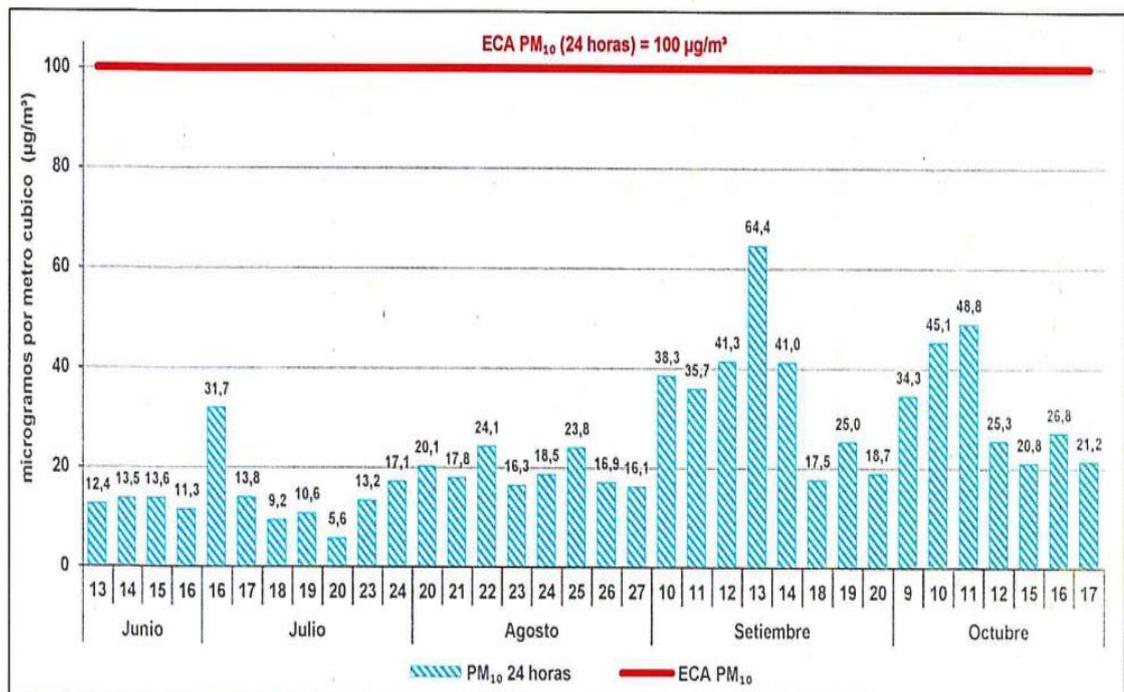
Figura 16 Rosas de viento por turno



Fuente: OEFA

Se observa que en los meses de junio a octubre de 2018 se registraron concentraciones de 24 horas de pm10 en la estación de vigilancia ambiental CA-SB-02, los cuales no excedieron el valor de los ECA para aire, registrándose la mayor concentración y el jueves 13 de septiembre con el valor de 64.4 ug/m3, en relación a todos los días monitoreados

Figura 17 Comportamiento de PM10



Fuente: OEFA

### Análisis de datos correlación de las variables de estudio

En la presente se pretende estudiar la relación entre las variables meteorológicas con el material particulado, para ello se realizó la prueba de normalidad para las variables dependientes, determinando el estadígrafo de correlación de pearson ya que no se rige a una distribución normal mostrando de esta manera el análisis en la siguiente tabla.

Tabla 12 Análisis de correlación

		[PM10] (ug/m3)	[PM2.5] (ug/m3)	Temperatur a ambiental (°C)	Humedad Relativa %	Velocidad de viento (m/s)
[PM10] (ug/m3)	Correlación de Pearson	1	-,006	,408**	-,545**	-,314*
	Sig. (bilateral)		,985	,007	,000	,041
	N	43	13	43	43	43
[PM2.5] (ug/m3)	Correlación de Pearson	-,006	1	-,394	,153	,254
	Sig. (bilateral)	,985		,183	,619	,402
	N	13	13	13	13	13
Temperatura ambiental (°C)	Correlación de Pearson	,408**	-,394	1	-,400**	-,230
	Sig. (bilateral)	,007	,183		,008	,138
	N	43	13	43	43	43
Humedad Relativa %	Correlación de Pearson	-,545**	,153	-,400**	1	,071
	Sig. (bilateral)	,000	,619	,008		,653
	N	43	13	43	43	43
Velocidad de viento (m/s)	Correlación de Pearson	-,314*	,254	-,230	,071	1
	Sig. (bilateral)	,041	,402	,138	,653	
	N	43	13	43	43	43

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla de correlaciones se muestran dos criterios importantes para nuestra investigación, primero la correlación de Pearson, esta nos indica la forma de relación ya sea positiva o negativa entre las variables de estudio, seguidamente el p valor cuyo significado menciona el grado de relación lo que conlleva a su importancia en la validación de nuestras hipótesis.

#### 4.3 Prueba de Hipótesis

La prueba de hipótesis es parte del procesamiento estadístico, con la finalidad de alcanzar el objetivo de evaluar la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5), con interrelación a los factores meteorológicos.

### 4.3.1 Hipótesis general

La evaluación de la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5), se interrelaciona con los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.

Lo que conlleva a la formulación estadística de la hipótesis nula es: la no relación entre la temperatura humedad y velocidad de viento con la dispersión del material particulado

#### Hipótesis Nula (Ho):

$$Pvalor \geq 0.05$$

#### Hipótesis Alternativa (H1):

$$pvalor < 0.05$$

Tabla 13 Prueba de hipótesis

		[PM2.5] (ug/m3)	Temperatura ambiental (°C)	Humedad Relativa %	Velocidad de viento (m/s)
[PM10] (ug/m3)	Correlación de Pearson	-,006	,408**	-,545**	-,314*
	Sig. (bilateral)	,985	,007	,000	,041
	N	13	43	43	43

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

En el análisis del Pvalor es mayor al 0.05 en consecuencia se acepta la hipótesis nula, apreciando la independencia del material particulado PM10 con el PM 2.5, además de tener una relación insignificante negativa de - 0.006.

Para validar la hipótesis de la investigación, la variable dependiente material particulado PM10 depende de los factores meteorológicos, por lo que el Pvalor mostrado en la tabla es menor que 0.05, con la temperatura de 0.07, con la humedad relativa de 0 y con la velocidad de viento de 0.41, de esta manera se rechaza la hipótesis nula, validando que el material

particulado se relaciona de manera positiva con el parámetro temperatura y de manera negativa con la humedad relativa y la velocidad de viento.

#### **4.4 Discusión de resultados**

La discusión de resultados, lo enmarcamos comparando la

El empleo del coeficiente de correlación de Pearson nos muestra el nivel de dependencia de las variables, afirmando que el comportamiento del material particulado depende en gran medida de los meteorológicos, en nuestra investigación la dependencia es mayor con la humedad relativa y es inversa, para Lyra et al. (2011) su emplea modelos lineales para estimar la concentración de PM10, estas son comparadas el error cuadrático medio empleando el coeficiente de correlación de Pearson de 0.35 para la variable PM10 en los meses de abril y junio del 2002 de esta manera evalúa la eficiencia de los modelos

La técnica más empleada en la interpretación de la dispersión del material particulado en los mapas de rosas de viento considerando una dirección notable al norte de tipo ventolina a comparación de Taipe Coronado (2014) esta emplea Guía protocolo de monitoreo de aire una ficha de recolección de datos, un cuestionario y como programa de análisis el Excel, analizando los datos meteorológicos del mes de abril del 16 al 29 del 2018 extraídos del senamhi, explicando mediante las rosas de viento la dispersión del material particulado.

Realizando los cálculos la velocidad de viento promedio de los meses junio a diciembre encontramos un valor de 0.9 m/s la concentración de PM10 de 22.76 ug/m<sup>3</sup>, en la investigación de Arrieta Fuentes (2016) en el país de Colombia emplea las rosas de viento en la que fluctúa entre 0.5 a 8.8 m/s con una media de 3.7 m/s y una concentración 43.27 ug/m<sup>3</sup>, explicando la

importancia de la humedad del mineral en las emisiones, también considera el tránsito de los vehículos, modelando en el software AERMOD View para simular y comparar con el nivel máximo permisible del ECA a 100 ug/m<sup>3</sup>, como en nuestro caso se muestra en la figura

En las bases teóricas se menciona las ecuaciones que se encuentran en el informe N° 360 de la OEFA para determinar la concentración de PM<sub>10</sub>, y es la siguiente:

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

Donde:

CPM<sub>10</sub> = Concentración de PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>).

W<sub>f</sub> - W<sub>i</sub> = Diferencia de pesos final e inicial del filtro (g).

V<sub>std</sub> = Volumen de aire muestreado a condiciones estándar (m<sup>3</sup>)<sup>2</sup>.

Mientras que en la investigación de Abril & Diez (2010) la ecuación que realiza el cálculo de tasas de emisión en la actividad productiva de cemento de fuentes puntuales emplea la ecuación.

$$EPM_{10} = AR \cdot Ophs \cdot EFPM_{10}$$

Donde:

EPM<sub>10</sub>: Tasa de Emisión de PM<sub>10</sub> [kg/año]

AR: Tasa de actividad [ton/h]

Ophs: Horas de operación [h/año]

EFPM<sub>10</sub>: Factor de emisión de PM<sub>10</sub> no controlado [kg/ton]

La diferencia radica en la consideración del factor de emisión no controlado ya que esta influye directamente explicando mejor la influencia de la humedad del material particulado

## CONCLUSIONES

Se concluye que:

1. El coeficiente de correlación de Pearson empleado en la presente no sólo mide el nivel de dependencia de las variables, sino que también se usa para determinar la eficacia de ajuste de modelos matemáticos lineales basada en el error cuadrático medio
2. El estudio de la dispersión de material particulado emplea una técnica de análisis que son los mapas de rosas de viento, obligando a monitorear los parámetros meteorológicos como temperatura, humedad, dirección y velocidad de viento en ella radica la importancia de su interpretación esta manera se determinó el viento de tipo ventolina en un rango de (0.3 m/s a 1.6 m/s) de la zona de estudio
3. La concentración del material particulado es influenciada directamente por la velocidad del viento tal es así que justifica para una velocidad promedio anual de 0.9 m/s considera un [PM10] de 22.76 que al comparar la investigación de Arrieta Fuentes de la dispersión del material particulado con interrelación de factores meteorológicos se verifica la proporcionalidad directa de estas variables
4. En los cálculos de la concentración del material particulado PM10 es importante considerada el factor de emisión no controlada, esta puede ser la humedad y las emisiones por el factor transporte cómo es aplicado en la investigación para determinar el modelado de la dispersión del material particulado esta manera el modelo es más eficiente para realizar simulaciones

## RECOMENDACIONES

Se recomienda.

1. Interpretar el coeficiente de correlación de Pearson a nivel de su valor de significancia y el grado de asociación de las variables para validar de manera eficiente la hipótesis de investigación
2. Considerar la influencia de la humedad relativa ambiental en los monitoreos en zonas de gran altitud en la dispersión del material particulado
3. La rosa de viento se mapean la dispersión del material particulado y el nivel de afectación en las zonas de incidencia más aún si existe una población aledaña como en nuestra zona de estudio

## BIBLIOGRAFÍA

- Abril, G., & Diez, S. (2010). Modelado de la dispersión de material particulado PM10 mediante la estimación de las tasas de emisión considerando la influencia de la meteorología local. *Universidad Nacional de Cordoba, 2005*, 1–15.
- Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología. *Editorial Episteme*, 6<sup>a</sup>, 144.  
[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=fideas+areas&ots=kXrKapsrn5&sig=gu5-9kvc3bflNvE9c2bmOuaHKT0&redir\\_esc=y#v=onepage&q=fideas+areas&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=fideas+areas&ots=kXrKapsrn5&sig=gu5-9kvc3bflNvE9c2bmOuaHKT0&redir_esc=y#v=onepage&q=fideas+areas&f=false)
- Arrieta Fuentes, A. J. (2016). Dispersión de material particulado (Pm10), con interrelación de factores meteorológicos y topográficos. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 43–54. <https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5445>
- Fajardo Vargas, L. (2019). *Informe N° 00020-2019-OEFA/DREAM-STEAC*.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta . In *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Issue Mexico). [http://www.mhhe.com/latam/sampieri\\_mi1e](http://www.mhhe.com/latam/sampieri_mi1e)
- Lenntech. (2020). *Metales pesados*. <https://www.lenntech.es/metales-pesados.htm>
- Lyra, G. B., Oda-Souza, M., & Viola, D. N. (2011). Modelos lineales aplicados para estimar la concentración de material particulado (PM10) en la ciudad de Río de Janeiro, RJ. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26(3), 392–400. <https://doi.org/10.1590/s0102-77862011000300006>
- Taipe Coronado, P. O. (2014). Evaluación de la Afectación en la Población y el Ambiente por la Generación de Material Particulado (PM2.5) en el Barrio Huayco – Distrito de Tarapoto – Provincia de San Martín – 2018. In *Universidad Cesar Vallejo*.

- Wikipedia. (2020a). *Humedad del aire*. Enciclopedia.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad\\_del\\_aire](https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_del_aire)
- Wikipedia. (2020b). *Meteorología*. Enciclopedia.  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Meteorología>
- Wikipedia. (2020c). *PM10*. Enciclopedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/PM10>
- Wikipedia. (2020d). *Propagación*. Enciclopedia.  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Propagación>
- Wikipedia. (2020e). *Rosa de los vientos*. Enciclopedia.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Rosa\\_de\\_los\\_vientos](https://es.wikipedia.org/wiki/Rosa_de_los_vientos)
- Wikipedia. (2020f). *Temperatura ambiente*. Enciclopedia.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura\\_ambiente](https://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_ambiente)

# ANEXOS

Anexo 1 Matriz de contingencia

**Título:** “Dispersión del material particulado (PM10 Y PM2.5), con interrelación a los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018”

PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICOS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	DISEÑO METODOLÓGICO
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cuál es la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5), con interrelación a los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b> ¿Cuál es la interrelación de la temperatura ambiental en la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?</p> <p>¿Cuál es la interrelación de la humedad relativa ambiental en la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?</p> <p>¿Cuál es la interrelación de la velocidad del viento en la dispersión del material</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Evaluar la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5), con interrelación a los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> Evaluar la interrelación de la temperatura ambiental en la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.</p> <p>Evaluar la interrelación de la humedad relativa ambiental en la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.</p> <p>Evaluar la interrelación de la velocidad del viento en la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b> La evaluación de la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5), se interrelaciona con los factores meteorológicos en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS:</b> La evaluación de la temperatura ambiental se interrelaciona con la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.</p> <p>La evaluación de la humedad relativa ambiental se interrelaciona con la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.</p> <p>La evaluación de la velocidad del viento se interrelaciona</p>	<p>Variable Independiente Factores meteorológicos</p> <p>Variable dependiente: Material particulado (PM10 y PM2,5)</p>	<p>Técnicas INFORME N° 00011-2019-OEFA/DEAM-STEAC 2019-I01-005853</p> <p>Instrumentos Procesamiento estadístico de datos</p> <p>Software de cálculo numérico</p>	<p>De acuerdo a la naturaleza de nuestra temática de investigación, nuestro estudio es de tipo correlacional.</p> <p>Se emplearán los métodos de análisis de datos topográficos y el Diseño de investigación es de tipo no experimental transeccionales o transversal de tipo correlacional.</p>

particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018?		con la dispersión del material particulado (PM10 y PM2,5) en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco – 2018.			
---	--	--	--	--	--



### Anexo 3 Registro de los parámetros meteorológicos



PERU

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 del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

FECHA Y HORA	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mmHg)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)
11/01/2018 08:00	458,0	0,0	3,1	87,4	1,2	110,8
11/01/2018 09:00	458,4	0,0	4,3	80,1	0,5	43,6
11/01/2018 10:00	458,7	0,0	5,5	83,1	0,6	61,7
11/01/2018 11:00	458,5	0,0	7,1	72,1	0,8	86,9
11/01/2018 12:00	458,2	0,0	8,2	67,2	0,8	18,0
11/01/2018 13:00	457,9	0,0	9,6	61,8	1,1	44,7
11/01/2018 14:00	457,5	0,0	10,7	56,3	1,0	23,4
11/01/2018 15:00	457,1	0,0	9,9	58,5	0,9	19,1
11/01/2018 16:00	456,7	0,0	10,8	61,6	1,2	13,6
11/01/2018 17:00	456,6	0,0	9,1	67,9	1,5	351,7
11/01/2018 18:00	456,7	0,0	7,6	72,8	1,4	353,8
11/01/2018 19:00	457,1	2,2	6,3	84,8	0,8	16,8
11/01/2018 20:00	457,6	0,0	5,4	90,0	0,8	351,4
11/01/2018 21:00	458,1	0,0	4,7	92,0	0,9	352,5
11/01/2018 22:00	458,4	0,0	4,9	90,3	0,3	12,7
11/01/2018 23:00	458,4	0,0	5,0	88,7	0,4	3,1
12/01/2018 00:00	458,3	0,0	4,7	88,7	0,4	4,2
12/01/2018 01:00	458,1	0,0	4,3	91,7	0,4	8,1
12/01/2018 02:00	457,7	0,0	3,9	93,8	0,4	9,5
12/01/2018 03:00	457,5	0,0	3,8	92,9	0,4	19,7
12/01/2018 04:00	457,4	0,0	2,7	96,1	0,7	352,5
12/01/2018 05:00	457,4	0,0	2,7	94,4	0,6	308,6
12/01/2018 06:00	457,6	0,0	3,3	92,3	0,3	48,5
12/01/2018 07:00	457,9	0,0	3,5	89,3	1,1	330,7
12/01/2018 08:00	458,3	0,0	4,8	78,8	0,8	352,2
12/01/2018 09:00	458,5	0,0	6,7	72,3	0,5	2,8
12/01/2018 10:00	458,6	0,0	7,3	69,0	0,9	3,8
12/01/2018 11:00	458,5	0,0	8,5	61,3	0,7	5,2
12/01/2018 12:00	458,1	0,0	9,2	57,3	1,0	141,2
12/01/2018 13:00	457,7	0,0	9,1	62,7	1,2	349,5
12/01/2018 14:00	457,3	0,0	9,4	66,1	0,7	26,6
12/01/2018 15:00	456,7	0,0	10,2	62,0	0,9	21,1
12/01/2018 16:00	456,1	0,0	9,9	66,4	1,0	359,2
12/01/2018 17:00	455,9	0,0	10,4	62,7	2,0	339,5
12/01/2018 18:00	456,1	0,0	8,3	71,7	1,0	4,5
12/01/2018 19:00	457,0	6,2	4,1	91,0	1,9	166,6
12/01/2018 20:00	457,5	4,6	3,7	94,9	0,9	158,4
12/01/2018 21:00	457,8	6,2	4,0	89,4	0,9	149,1
12/01/2018 22:00	457,8	0,5	4,0	90,7	0,1	79,4
12/01/2018 23:00	458,0	0,0	4,1	87,7	0,3	187,2
13/01/2018 00:00	457,9	0,0	3,8	88,8	0,5	213,1
13/01/2018 01:00	457,6	0,0	3,5	91,5	0,5	206,4
13/01/2018 02:00	457,2	0,0	3,6	89,7	0,3	198,0
13/01/2018 03:00	456,8	0,0	3,9	88,3	0,5	185,3
13/01/2018 04:00	456,6	0,0	3,6	92,4	0,4	204,9
13/01/2018 05:00	456,6	0,0	3,3	93,9	0,1	163,2
13/01/2018 06:00	456,8	0,0	3,9	89,6	0,1	137,0
13/01/2018 07:00	457,0	0,0	4,0	87,8	0,3	233,0
13/01/2018 08:00	457,3	0,0	4,6	81,4	0,3	173,3
13/01/2018 09:00	457,6	0,0	6,1	69,1	0,8	187,6
13/01/2018 10:00	457,7	0,0	7,9	60,9	0,9	195,3
13/01/2018 11:00	457,6	0,0	9,2	57,7	0,9	173,6
13/01/2018 12:00	457,3	0,0	10,6	57,9	0,8	44,6
13/01/2018 13:00	457,1	3,8	6,9	79,0	1,1	349,2
13/01/2018 14:00	456,7	0,0	6,7	79,6	1,3	356,2
13/01/2018 15:00	456,2	1,9	8,5	72,0	1,3	345,2
13/01/2018 16:00	456,2	4,8	5,0	88,1	0,9	49,3
13/01/2018 17:00	456,3	9,4	3,6	89,3	1,0	121,9
13/01/2018 18:00	456,4	4,6	4,8	79,8	0,7	296,3
13/01/2018 19:00	456,6	1,7	3,7	93,3	0,7	73,4
13/01/2018 20:00	456,9	0,2	3,7	95,4	0,3	22,2
13/01/2018 21:00	457,0	0,0	4,4	87,0	0,8	245,3
13/01/2018 22:00	457,3	0,0	4,2	88,7	0,4	192,8
13/01/2018 23:00	457,4	0,0	4,0	81,7	0,9	204,3
14/01/2018 00:00	457,2	0,0	3,5	81,0	0,8	206,9
14/01/2018 01:00	456,8	0,0	3,3	76,7	0,8	172,4
14/01/2018 02:00	456,7	0,0	2,6	81,4	0,2	169,9

✓  
A  
up



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 del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

FECHA Y HORA	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mmHg)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)
8/01/2018 13:00	457,4	1,0	4,0	88,4	1,9	153,4
8/01/2018 14:00	457,1	0,0	4,8	82,7	1,9	128,4
8/01/2018 15:00	456,8	0,0	5,7	76,5	1,1	117,4
8/01/2018 16:00	456,6	0,0	5,0	78,4	1,2	115,1
8/01/2018 17:00	456,5	0,0	4,8	78,8	0,8	110,3
8/01/2018 18:00	456,7	0,0	4,5	79,7	1,0	112,8
8/01/2018 19:00	457,0	0,0	3,8	83,9	0,7	121,1
8/01/2018 20:00	457,4	0,0	3,8	84,7	0,4	95,0
8/01/2018 21:00	457,7	0,0	3,4	87,1	1,0	121,8
8/01/2018 22:00	458,0	0,0	3,4	89,4	0,5	113,0
8/01/2018 23:00	458,1	0,0	3,5	88,6	0,7	115,0
9/01/2018 00:00	457,9	0,0	3,4	88,0	0,3	129,9
9/01/2018 01:00	457,6	0,0	3,5	87,7	0,4	120,9
9/01/2018 02:00	457,1	0,0	3,4	88,2	0,2	104,4
9/01/2018 03:00	456,8	0,0	3,3	89,5	0,6	114,6
9/01/2018 04:00	456,8	0,0	3,4	90,1	0,1	81,8
9/01/2018 05:00	456,9	0,0	3,3	91,6	0,6	124,8
9/01/2018 06:00	457,0	0,0	3,2	93,4	0,5	120,5
9/01/2018 07:00	457,4	0,0	3,3	91,9	0,6	119,5
9/01/2018 08:00	457,7	0,7	3,5	93,5	0,5	126,3
9/01/2018 09:00	457,9	0,0	5,7	80,3	1,3	119,3
9/01/2018 10:00	458,0	0,0	7,1	73,7	0,9	89,1
9/01/2018 11:00	457,8	0,0	7,8	70,6	1,6	111,2
9/01/2018 12:00	457,5	0,0	8,9	63,5	1,4	118,3
9/01/2018 13:00	457,2	0,0	9,3	65,4	1,7	39,7
9/01/2018 14:00	456,8	0,0	10,1	63,4	1,5	359,1
9/01/2018 15:00	456,4	0,0	9,1	73,3	1,3	355,7
9/01/2018 16:00	455,9	0,0	8,8	70,2	1,5	355,6
9/01/2018 17:00	455,7	0,0	8,9	67,5	0,9	12,5
9/01/2018 18:00	456,0	0,0	7,1	73,6	0,7	23,0
9/01/2018 19:00	456,4	0,0	5,1	80,9	0,4	34,8
9/01/2018 20:00	457,0	0,0	4,0	84,9	0,6	86,6
9/01/2018 21:00	457,5	0,0	3,7	85,9	0,5	36,1
9/01/2018 22:00	457,8	0,0	3,9	82,3	0,6	107,7
9/01/2018 23:00	457,9	0,0	4,1	80,6	0,6	115,4
10/01/2018 00:00	457,7	0,0	3,6	85,3	0,3	72,5
10/01/2018 01:00	457,5	0,0	3,2	88,3	0,8	115,5
10/01/2018 02:00	457,1	0,0	3,1	86,1	0,3	121,6
10/01/2018 03:00	456,8	0,0	2,9	88,2	0,3	188,0
10/01/2018 04:00	456,8	0,0	2,6	92,3	0,2	144,9
10/01/2018 05:00	456,9	0,0	2,7	87,6	0,2	43,9
10/01/2018 06:00	457,1	0,0	3,0	84,6	0,3	109,0
10/01/2018 07:00	457,4	0,0	3,3	82,9	0,5	113,3
10/01/2018 08:00	457,7	0,0	3,9	83,1	0,9	145,5
10/01/2018 09:00	458,0	0,0	4,8	78,9	0,4	252,2
10/01/2018 10:00	458,1	0,0	6,7	71,1	0,4	43,9
10/01/2018 11:00	458,0	0,0	8,3	64,1	0,8	54,1
10/01/2018 12:00	457,7	0,0	9,5	59,5	0,9	62,2
10/01/2018 13:00	457,4	0,0	9,7	57,9	1,1	94,4
10/01/2018 14:00	457,0	0,0	9,5	57,5	1,8	119,5
10/01/2018 15:00	456,6	0,0	10,5	53,9	1,1	80,0
10/01/2018 16:00	456,2	0,0	10,0	55,9	1,1	74,6
10/01/2018 17:00	456,1	0,0	8,6	61,8	1,6	110,6
10/01/2018 18:00	456,3	0,0	7,3	69,6	1,0	50,2
10/01/2018 19:00	456,8	0,0	6,3	73,5	0,6	15,6
10/01/2018 20:00	457,4	0,0	5,1	86,4	0,6	13,0
10/01/2018 21:00	457,8	0,0	5,0	84,9	0,7	9,8
10/01/2018 22:00	458,1	0,0	4,9	87,3	0,4	18,0
10/01/2018 23:00	458,3	0,0	4,7	86,5	0,3	30,7
11/01/2018 00:00	458,2	0,0	4,3	86,7	0,6	38,4
11/01/2018 01:00	457,9	0,0	3,9	90,8	0,7	357,8
11/01/2018 02:00	457,4	0,0	3,7	91,7	0,5	348,8
11/01/2018 03:00	457,1	2,2	2,9	94,7	0,3	7,2
11/01/2018 04:00	457,0	1,0	2,5	95,7	0,2	352,2
11/01/2018 05:00	457,1	0,0	2,9	94,6	0,3	17,8
11/01/2018 06:00	457,4	0,0	2,9	93,7	0,2	52,0
11/01/2018 07:00	457,7	0,0	3,1	90,2	0,5	78,4

1  
#  
x  
up



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 del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

FECHA Y HORA	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mmHg)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)
5/01/2018 18:00	456,8	0,0	8,6	70,1	1,1	341,5
5/01/2018 19:00	457,0	0,0	7,3	73,8	0,7	331,5
5/01/2018 20:00	457,5	0,0	6,8	78,1	0,6	327,6
5/01/2018 21:00	458,1	0,0	6,2	90,8	0,6	318,2
5/01/2018 22:00	458,3	0,0	5,8	93,1	0,2	321,2
5/01/2018 23:00	458,4	0,0	5,9	90,6	0,2	328,1
6/01/2018 00:00	458,3	0,0	5,8	89,5	0,2	85,0
6/01/2018 01:00	457,9	0,7	5,4	94,0	0,3	20,4
6/01/2018 02:00	457,6	5,5	4,3	95,6	0,3	223,5
6/01/2018 03:00	457,3	4,6	3,8	94,8	0,3	326,7
6/01/2018 04:00	457,2	2,2	3,9	92,3	0,2	305,6
6/01/2018 05:00	457,1	0,0	4,0	94,0	0,2	1,2
6/01/2018 06:00	457,5	0,0	3,6	96,4	0,5	2,1
6/01/2018 07:00	457,9	1,2	3,3	96,2	0,4	15,9
6/01/2018 08:00	458,3	0,5	3,2	98,4	0,4	28,7
6/01/2018 09:00	458,6	0,0	3,7	96,0	0,5	10,4
6/01/2018 10:00	458,8	0,0	4,8	90,5	0,7	3,4
6/01/2018 11:00	458,8	0,0	6,1	83,8	1,0	9,0
6/01/2018 12:00	458,6	0,0	8,1	73,6	1,0	7,8
6/01/2018 13:00	458,1	0,0	10,2	63,8	1,2	5,3
6/01/2018 14:00	457,5	0,0	10,4	60,7	1,2	360,0
6/01/2018 15:00	457,1	0,0	10,0	60,9	1,4	352,9
6/01/2018 16:00	456,9	0,0	9,1	66,4	1,8	347,8
6/01/2018 17:00	456,8	0,0	7,4	74,9	1,1	353,1
6/01/2018 18:00	456,9	0,0	7,1	78,1	0,8	335,4
6/01/2018 19:00	457,4	2,9	5,5	86,1	1,4	261,8
6/01/2018 20:00	457,6	1,0	4,8	90,4	0,7	276,3
6/01/2018 21:00	457,9	0,0	5,1	84,8	0,5	172,2
6/01/2018 22:00	458,2	0,0	5,0	83,4	0,6	138,1
6/01/2018 23:00	458,4	0,0	5,0	79,4	0,5	206,8
7/01/2018 00:00	458,2	0,0	4,4	82,1	1,0	221,7
7/01/2018 01:00	457,8	0,0	4,3	81,6	0,9	179,1
7/01/2018 02:00	457,4	0,0	4,2	81,9	0,8	147,7
7/01/2018 03:00	457,0	0,0	4,2	81,6	0,4	175,0
7/01/2018 04:00	456,9	0,0	4,2	80,7	0,8	166,5
7/01/2018 05:00	457,0	0,0	4,1	81,0	0,3	187,3
7/01/2018 06:00	457,3	0,2	3,9	80,2	0,3	168,2
7/01/2018 07:00	457,6	0,0	4,0	78,6	0,7	138,1
7/01/2018 08:00	457,9	0,0	4,4	74,8	1,0	150,4
7/01/2018 09:00	458,2	0,0	5,5	68,0	1,6	148,6
7/01/2018 10:00	458,3	0,0	6,8	62,8	1,3	153,5
7/01/2018 11:00	458,1	0,0	8,0	62,1	1,4	159,1
7/01/2018 12:00	457,7	0,0	9,1	58,4	1,4	175,1
7/01/2018 13:00	457,2	0,0	10,4	51,9	1,7	142,8
7/01/2018 14:00	456,8	0,0	9,6	65,1	0,9	29,4
7/01/2018 15:00	456,5	0,0	8,2	69,6	1,0	351,1
7/01/2018 16:00	456,5	0,0	5,2	85,2	2,3	308,3
7/01/2018 17:00	456,7	1,9	3,7	94,0	1,2	252,6
7/01/2018 18:00	456,9	0,7	3,6	94,5	1,1	198,5
7/01/2018 19:00	457,1	0,0	4,1	91,7	1,2	200,6
7/01/2018 20:00	457,4	0,2	4,2	86,5	1,4	178,4
7/01/2018 21:00	457,7	0,5	3,9	82,7	1,5	178,3
7/01/2018 22:00	457,9	0,0	4,2	84,0	0,9	209,5
7/01/2018 23:00	458,0	0,0	4,1	84,4	0,8	171,8
8/01/2018 00:00	457,9	0,0	3,9	86,1	1,1	155,9
8/01/2018 01:00	457,7	0,0	3,4	72,9	1,7	161,4
8/01/2018 02:00	457,3	0,0	2,1	86,0	1,7	194,0
8/01/2018 03:00	457,1	0,0	0,2	98,7	1,1	201,9
8/01/2018 04:00	456,9	0,0	-0,2	100,0	1,2	203,5
8/01/2018 05:00	456,9	0,0	-0,3	100,0	1,0	204,4
8/01/2018 06:00	457,1	0,0	-0,2	100,0	1,0	196,7
8/01/2018 07:00	457,5	0,0	-0,1	100,0	1,2	198,8
8/01/2018 08:00	457,8	0,0	0,1	100,0	1,2	207,7
8/01/2018 09:00	458,0	0,0	0,2	100,0	0,7	196,7
8/01/2018 10:00	458,1	0,0	0,9	99,9	0,9	171,5
8/01/2018 11:00	458,0	11,8	1,5	97,0	1,4	163,2
8/01/2018 12:00	457,8	14,2	2,5	94,4	1,6	173,1

*Handwritten signature and initials*



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 del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

FECHA Y HORA	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mmHg)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)
2/01/2018 23:00	457,8	0,0	3,2	64,9	0,8	212,5
3/01/2018 00:00	457,9	0,0	2,9	59,7	0,8	187,9
3/01/2018 01:00	457,5	0,0	3,0	53,5	1,0	197,2
3/01/2018 02:00	457,1	0,0	2,6	52,9	1,1	207,1
3/01/2018 03:00	456,9	0,0	2,8	47,8	0,7	222,7
3/01/2018 04:00	456,9	0,0	2,8	46,9	0,5	243,8
3/01/2018 05:00	457,0	0,0	2,4	49,6	0,4	264,9
3/01/2018 06:00	457,2	0,0	2,4	47,5	0,4	222,9
3/01/2018 07:00	457,6	0,0	2,6	44,5	0,4	152,5
3/01/2018 08:00	457,9	0,0	3,8	41,3	0,5	223,2
3/01/2018 09:00	458,0	0,0	6,4	32,3	0,8	200,6
3/01/2018 10:00	458,0	0,2	8,2	30,6	0,8	220,8
3/01/2018 11:00	457,8	0,0	10,0	32,9	0,9	172,0
3/01/2018 12:00	457,6	0,0	11,6	34,2	1,0	94,9
3/01/2018 13:00	457,2	0,0	11,5	36,0	0,9	262,7
3/01/2018 14:00	456,7	0,0	11,6	37,8	0,9	141,0
3/01/2018 15:00	456,1	0,0	12,9	37,7	1,1	247,9
3/01/2018 16:00	455,8	5,3	9,9	65,7	0,9	23,3
3/01/2018 17:00	455,9	0,0	7,4	79,3	1,5	336,7
3/01/2018 18:00	456,4	0,0	5,5	82,1	1,2	219,7
3/01/2018 19:00	456,8	0,0	5,5	82,5	1,4	189,4
3/01/2018 20:00	457,3	0,0	3,5	92,6	1,6	174,7
3/01/2018 21:00	457,6	0,0	3,7	86,9	0,6	197,4
3/01/2018 22:00	457,9	0,0	4,3	83,5	0,2	43,1
3/01/2018 23:00	458,1	0,0	4,1	86,6	0,3	144,2
4/01/2018 00:00	458,0	0,0	4,0	86,7	0,3	72,0
4/01/2018 01:00	457,7	0,0	3,3	91,2	0,5	77,2
4/01/2018 02:00	457,4	0,0	3,0	96,0	0,3	204,0
4/01/2018 03:00	457,1	0,0	3,0	96,7	0,1	137,4
4/01/2018 04:00	457,0	0,0	3,0	97,1	0,2	183,0
4/01/2018 05:00	456,9	0,0	2,7	97,8	0,2	181,4
4/01/2018 06:00	457,1	0,0	2,5	98,2	0,1	154,8
4/01/2018 07:00	457,6	0,0	3,3	94,5	0,1	202,3
4/01/2018 08:00	457,9	0,0	5,3	80,6	0,3	145,2
4/01/2018 09:00	458,2	0,0	6,1	76,0	0,6	57,5
4/01/2018 10:00	458,5	0,0	6,2	77,5	0,8	336,5
4/01/2018 11:00	458,5	0,0	6,8	75,3	0,9	309,0
4/01/2018 12:00	458,2	0,0	7,7	71,6	0,9	357,8
4/01/2018 13:00	458,0	0,0	9,3	66,3	0,8	349,0
4/01/2018 14:00	457,7	0,2	8,2	81,7	0,7	11,0
4/01/2018 15:00	457,0	0,0	9,3	70,9	0,8	18,3
4/01/2018 16:00	456,7	0,0	9,2	66,6	1,1	274,6
4/01/2018 17:00	456,6	0,0	7,0	76,3	1,6	231,7
4/01/2018 18:00	456,7	0,0	5,8	81,7	1,7	217,4
4/01/2018 19:00	457,0	0,0	5,9	77,9	0,6	213,4
4/01/2018 20:00	457,6	0,0	5,7	80,3	0,4	32,7
4/01/2018 21:00	458,3	5,5	4,0	92,0	0,5	177,3
4/01/2018 22:00	458,6	7,2	2,3	95,3	0,6	131,0
4/01/2018 23:00	458,7	2,6	1,0	99,0	0,0	0,0
5/01/2018 00:00	458,4	5,0	1,3	99,3	0,4	310,2
5/01/2018 01:00	458,1	2,6	1,6	98,7	0,4	311,1
5/01/2018 02:00	457,7	2,2	1,8	99,4	0,5	180,9
5/01/2018 03:00	457,5	1,9	1,5	99,6	0,4	200,9
5/01/2018 04:00	457,4	0,7	1,4	99,6	0,6	203,3
5/01/2018 05:00	457,5	0,5	1,6	99,7	0,8	204,6
5/01/2018 06:00	457,7	0,7	1,4	99,2	0,6	200,7
5/01/2018 07:00	458,1	1,7	1,2	99,3	0,1	215,7
5/01/2018 08:00	458,5	1,2	1,7	97,7	0,1	293,2
5/01/2018 09:00	458,9	1,2	2,2	95,7	0,2	198,9
5/01/2018 10:00	459,1	0,7	3,0	93,8	0,5	131,6
5/01/2018 11:00	459,0	0,0	4,7	86,0	0,7	142,6
5/01/2018 12:00	458,8	0,0	6,0	80,3	0,6	122,5
5/01/2018 13:00	458,5	0,0	7,5	72,9	0,5	95,8
5/01/2018 14:00	458,0	0,0	9,3	67,7	0,8	12,2
5/01/2018 15:00	457,5	0,0	8,0	74,0	1,6	346,5
5/01/2018 16:00	457,0	0,0	9,2	66,2	1,8	335,6
5/01/2018 17:00	456,8	0,0	9,2	68,6	1,2	350,1

✓  
#  
x  
u



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

División de Evaluación Ambiental

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres»  
«Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional»

Metal determinado en PM <sub>10</sub>	Unidad	CA-SB-01			AAQC-Ontario (µg/m <sup>3</sup> )	
		9/10/2018	10/10/2018	11/10/2018		
Fosforo	P	µg/m <sup>3</sup>	<LC	0,06	<LC	-
Plomo	Pb	µg/m <sup>3</sup>	0,022	0,070	0,049	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>	0,878	0,870	1,025	-
Estaño	Sn	µg/m <sup>3</sup>	<LC	<LC	<LC	10
Estroncio	Sr	µg/m <sup>3</sup>	0,0039	0,0062	0,0054	120
Titanio	Ti	µg/m <sup>3</sup>	0,0031	0,0061	0,0040	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>	<LC	0,122	0,083	120

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

Tabla N.º 33 Datos Meteorológicos de la estación de vigilancia ambiental de calidad del aire ubicada en Simón Bolívar (CA-SB-01) - 2018

FECHA Y HORA	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mmHg)	PRECIPITACIÓN (mm)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)
1/01/2018 00:00	-	-	-	-	-	-
1/01/2018 01:00	457,9	0,0	1,7	93,4	1,1	190,3
1/01/2018 02:00	457,4	0,0	1,6	93,4	1,0	179,7
1/01/2018 03:00	457,1	0,0	1,5	93,8	1,0	181,3
1/01/2018 04:00	457,0	0,0	1,4	94,9	1,0	164,3
1/01/2018 05:00	457,1	0,0	1,6	93,1	0,7	191,8
1/01/2018 06:00	457,1	0,0	2,0	90,0	0,8	199,6
1/01/2018 07:00	457,3	0,0	2,4	88,3	1,0	184,2
1/01/2018 08:00	457,8	0,0	3,9	78,0	1,1	182,5
1/01/2018 09:00	458,2	0,0	4,6	72,9	1,6	144,0
1/01/2018 10:00	458,5	0,0	6,0	64,2	1,2	146,6
1/01/2018 11:00	458,4	0,0	7,2	62,4	1,2	166,0
1/01/2018 12:00	458,2	0,0	7,9	64,4	0,8	187,3
1/01/2018 13:00	457,9	0,0	8,9	63,6	0,6	38,4
1/01/2018 14:00	457,5	0,0	9,3	67,6	0,7	10,3
1/01/2018 15:00	457,0	0,0	9,4	68,5	0,8	5,1
1/01/2018 16:00	456,5	0,0	9,2	65,6	0,9	0,1
1/01/2018 17:00	456,2	0,0	8,9	70,9	0,8	3,3
1/01/2018 18:00	456,4	0,0	7,6	78,5	0,7	18,2
1/01/2018 19:00	456,9	5,0	5,0	92,2	1,1	180,2
1/01/2018 20:00	457,1	0,2	5,4	83,5	1,4	179,8
1/01/2018 21:00	457,7	0,0	4,7	78,2	1,4	189,6
1/01/2018 22:00	458,0	0,0	4,1	78,9	1,1	173,2
1/01/2018 23:00	458,4	0,0	4,1	72,3	0,6	169,4
2/01/2018 00:00	458,4	0,0	4,0	70,2	0,6	223,9
2/01/2018 01:00	457,8	0,0	3,4	75,4	0,5	241,9
2/01/2018 02:00	457,3	0,0	3,2	69,3	0,8	195,4
2/01/2018 03:00	457,1	0,0	3,3	60,7	1,0	208,2
2/01/2018 04:00	456,8	0,0	3,4	57,0	1,1	201,4
2/01/2018 05:00	456,7	0,0	3,4	51,4	1,5	188,2
2/01/2018 06:00	456,9	0,0	3,2	49,4	1,1	195,5
2/01/2018 07:00	457,2	0,0	3,4	49,8	0,7	193,9
2/01/2018 08:00	457,7	0,0	4,1	47,5	0,7	198,9
2/01/2018 09:00	458,0	0,0	5,2	43,5	0,7	218,5
2/01/2018 10:00	458,1	0,0	7,7	37,0	0,5	209,9
2/01/2018 11:00	458,0	0,0	8,0	36,8	0,8	208,1
2/01/2018 12:00	457,8	0,0	8,7	50,4	1,1	337,5
2/01/2018 13:00	457,6	0,0	9,3	57,0	1,2	348,9
2/01/2018 14:00	457,3	0,0	9,2	57,2	0,8	49,9
2/01/2018 15:00	457,0	0,7	7,1	77,4	0,5	31,0
2/01/2018 16:00	456,7	1,4	6,5	80,4	0,9	358,1
2/01/2018 17:00	456,8	0,7	4,7	88,4	1,2	331,7
2/01/2018 18:00	456,8	0,0	4,7	85,9	1,7	325,5
2/01/2018 19:00	456,9	0,0	4,7	87,5	0,4	60,3
2/01/2018 20:00	457,1	0,0	5,0	82,0	0,7	194,8
2/01/2018 21:00	457,3	0,0	4,8	74,7	1,1	210,9
2/01/2018 22:00	457,6	0,0	4,0	68,5	1,6	186,2

Handwritten signature and initials in blue ink.