



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Contaminación atmosférica por PM_{10} y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Vásquez Del Castillo, Ángel

ASESOR:

Lorgio Valdiviezo Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los Recursos Naturales

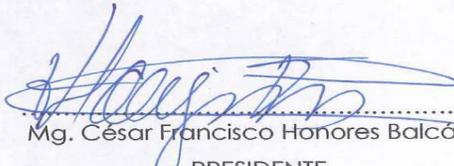
LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
(a) Angel Vasquez Del Castillo
cuyo título es: Contaminación atmosférica por PM10 y su
relación con variables climatológicas en el centro
poblado de Champamarca, departamento de
Pasco, 2018

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
el estudiante, otorgándole el calificativo de: 13 (número)
TRECE (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho, 10 de diciembre del 2018


Mg. César Francisco Honores Balcázar
PRESIDENTE


Mg. Carlos Alfredo Ugarte Alván
SECRETARIO


Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Dedicatoria

Dedico este gran triunfo a Dios, a mis padres Pepe Vásquez y Doris Del Castillo y a mi hermano Alfredo Vásquez, por el apoyo y su amor incondicional en todo momento, porque gracias a ellos he llegado donde estoy.

Agradecimientos

Agradezco a toda mi familia por el apoyo constante en el desarrollo de mi investigación. A mis amigos que estuvieron siempre alentándome para que no me diera por vencido en esta gran etapa. Agradecer también, a la Universidad Cesar Vallejo y a los docentes con grandes sabidurías quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto que me encuentro. De igual forma, a mis compañeros de trabajo del Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental de la Subdirección de Entidades de Fiscalización Ambiental por sus palabras de aliento.

Declaratoria de autenticidad

Yo Ángel Luis Vásquez Del Castillo con DNI N° 70248549 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultadp de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 10 de diciembre de 2018



Ángel Luis Vásquez Del Castillo
DNI: 70248549

Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018”, cuyo objetivo fue determinar la relación de las variables climatológicas ante la contaminación atmosférica en el Centro poblado de Champamarca, desde febrero del 2017 hasta agosto del 2018 y que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. La investigación consta de tres capítulos. En el primer capítulo se explica sobre la realidad problemática que enfrenta los pobladores del centro poblado Champamarca ante la contaminación por material particulado que es generado por el botadero minero “Excélsior”; en el segundo capítulo se muestra paso a paso de cómo se llevó a cabo la metodología para desarrollar el objetivo de la presente investigación; en el tercer capítulo se detallará los resultados del monitoreo que se llevó a cabo en el centro poblado de Champamarca desde febrero del 2017 hasta agosto del 2018 y se determinará la existencias entre las variables aplicando el Software Minitab versión 17.

Ángel Luis Vásquez Del Castillo

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la relación de las variables climatológicas ante la contaminación atmosférica en el Centro poblado de Champamarca, desde febrero del 2017 hasta agosto del 2018.

Con los datos climatológicos se llevó a cabo con el Software Minitab versión 17, el cual aplicó técnicas matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos que afectan a los contaminantes cuando estos son dispersos y reaccionan en la atmósfera.

Se comparó con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, el cual fue aprobado mediante el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, y se observó que el PM₁₀ no supera los valores permisibles anuales de 50 µg/m³.

A través del Minitab 17, se comprobó que la contaminación atmosférica por PM₁₀ no tiene relación con las variables climatológicas, sino que existe una relación inversa media. Se desarrolló primero una Serie de tiempo de las variables, luego se utilizó la Prueba de normalidad y se observó que la muestra no tiene una población normal y para ello se aplicó la Prueba No Paramétrica seleccionando Anderson – Darling y Spearman Rho, los cuales a través de los resultados indican que existe una relación inversa media.

Es importante recalcar que, el monitoreo es una parte de la gestión del recurso, por lo tanto, es recomendable seguir realizando estudios con el fin de dar a conocer el estado de la calidad del aire en el centro poblado de Champamarca, para poder elaborar e informar series de estrategias para minimizar y controlar la generación de dicho contaminante.

Palabras clave: PM₁₀, ECA, contaminación atmosférica, Champamarca, Minitab 17.

Abstract

The objective of the research was to determine the relationship of the climatological variables to air pollution in the Champamarca town center, from February 2017 to August 2018.

With the climatological data it was carried out with the Software Minitab version 17, which applied mathematical and numerical techniques to simulate the physical processes that affect the pollutants when they are dispersed and react in the atmosphere. It was compared with the Environmental Quality Standard (ECA) for Air, which was approved by Supreme Decree No. 003-2017-MINAM, and it was observed that PM₁₀ does not exceed the annual permissible values of 50 µg/m³.

It was compared with the Environmental Quality Standard (ECA) for Air, which was approved by Supreme Decree No. 003-2017-MINAM, and it was observed that PM₁₀ does not exceed the annual permissible values of 50 µg/m³.

Through Minitab 17, it was found that air pollution by PM₁₀ is not related to climate variables, but there is a medium inverse relationship. A Time Series of the variables was developed first, then the Normality Test was used and it was observed that the sample does not have a normal population and for this the Nonparametric Test was applied selecting Anderson - Darling and Spearman Rho, which through of the results indicate that there is a mean inverse relationship.

It is important to emphasize that, monitoring is a part of the management of the resource, therefore, it is advisable to continue conducting studies in order to publicize the state of air quality in the town of Champamarca, to be able to elaborate inform series of strategies to minimize and control the generation of said pollutant.

Keywords: PM₁₀, ECA, air pollution, Champamarca, Minitab 17.

Índice general

I. INTRODUCCIÓN	13
I.1 Realidad problemática	15
I.2 Trabajos previos	16
I.3 Teorías relacionadas al tema	18
I.4 Formulación del problema	21
I.4.1 Problema general	22
I.5 Justificación del estudio	22
I.5.1 Justificación teórica	22
I.5.2 Justificación metodológica	22
I.5.3 Justificación tecnológica	23
I.6 Hipótesis	24
I.6.1 Hipótesis general	24
I.6.2 Hipótesis específicas	24
I.7 Objetivos	24
I.7.1 Objetivo general	24
I.7.2 Objetivos específicos	24
II. MÉTODO	25
II.1 Diseño de la investigación	26
II.2 Variables, operacionalización	26
II.2.1 <i>Variables</i>	26
II.2.2 <i>Operacionalización de las variables</i>	26
II.3 Población y muestra	28
II.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	36
2.4.1. Técnica	36
2.4.2 Método de muestreo:	36
2.4.3. Validez y Confiabilidad	36
II.5 Métodos de análisis de datos	37
III. RESULTADOS	43
IV. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES	60
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS	64
ANEXOS	72

Índice de tablas

Tabla N° 01: Escala de medición de velocidad de viento de Beaufort.....	22
Tabla N° 02: Equipos utilizados en la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el distrito de Simón Bolívar.....	26
Tabla 03 Matriz de Operacionalización del “Contaminación atmosférica por PM10 y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018.....	30
Tabla N° 04 - Parámetro evaluados en la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, departamento de	34
Tabla N° 05 – Protocolo de monitoreo utilizado para el monitoreo de aire.....	36
Tabla N° 06: Estándares de calidad ambiental para aire de acuerdo al Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM	37
Tabla N° 07 – Ubicación de la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.....	39
Tabla N° 08 – Estado de Calidad de Aire para el PM10 – 2017 a 2018 – Periodo anual.....	50
Tabla N° 09 – Tabla de Índice de Calidad Ambiental (INCA).....	50

Índice de figuras

Figura N° 01: Ubicación del lugar – Simón Bolívar, Cerro de Pasco	32
Figura N° 02: Ubicación de la I.E. N° 34037 en relación al Botadero “Excélsior”	35
Figura N° 03: Importación de datos en Minitab 17	41
Figura N° 04: Características de Minitab – Gráficos	42
Figura N° 05: Gráfica de serie de tiempo – Minitab	43
Figura N° 06: Gráfica de valores de Rho Spearman	44
Figura N° 07: Comportamiento de la Temperatura ambiental anual en Champamarca (febrero 2017 - agosto 2018)	47
Figura N° 08: Comportamiento de la velocidad del viento anual en el centro poblado de Champamarca (febrero 2017 - agosto 2018)	48
Figura N° 09: Comportamiento anual del PM ₁₀ (febrero 2017 – agosto 2018)	49
Figura N° 10: Cuadro de Probabilidad de la Temperatura Ambiental (°C)	51
Figura N° 11: Cuadro de Probabilidad de Velocidad del viento (m/s)	52
Figura N° 12: Cuadro de Probabilidad de PM ₁₀	53
Figura N° 13: Diagrama de Probabilidad de la Temperatura Ambiente (°C)	54
Figura N° 14: Diagrama de Probabilidad de la Velocidad del viento (m/s)	55
Figura N° 15: Diagrama de Probabilidad de PM ₁₀	55
Figura N° 16: Gráfica de valores de Rho Spearman	56
Figura N° 17: Gráfica de Control de la Temperatura Ambiente (°C)	57
Figura N° 18: Gráfica de Control de la Velocidad del viento (m/s)	58
Figura N° 19: Gráfica de Control de la Material Particulado (PM ₁₀)	59

Índice de anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia	75
Anexo 2: Mapa de Ubicación de estación de Vigilancia Ambiental CA-SB-02.....	76
Anexo 3: Datos de Monitoreo de la estación Paragsha (febrero 2017 – agosto 2018).....	77
Anexo 4: Estándares de Calidad Ambiental para Aire	78

I. INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de problemas ambientales podemos diferenciar entre aquellos problemas que surgen de forma concreta entre una actividad focalizada en un determinado sector y el impacto que genera en el medio natural, o de forma más extensa. Cuando nos referimos a problemas ambientales que se extiende a más de un territorio, hasta problemas globales (Remedios, 2014).

De acuerdo a la Guía de Calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizado a nivel mundial en el 2005 indica que, la salud de las personas se ve afectada cuando hay material particulado en el aire. Esos efectos son variados y se originan principalmente en el sistema respiratorio y cardiovascular. Toda la población se ve afectada, sin embargo, la susceptibilidad a la contaminación va depender del estado de salud de la persona y de su edad” (p.9).

La concentración de los contaminantes disminuye al esparcirse en la atmósfera, dependiendo de los factores climatológicos tales como la velocidad de viento, dirección de viento, la temperatura, la presión atmosférica, entre otros.

Se aplicó el software Minitab 17 para obtener una mejor idea de las áreas afectadas y este proporcionó una imagen más clara de la dispersión de los contaminantes que facilitó mejor información.

El presente proyecto de investigación es importante porque determinó a conocer la relación de la contaminación atmosférica con las variables climatológicas en el centro poblado Champamarca.

I.1 Realidad problemática

El centro poblado de Champamarca ha realizado constantes denuncias ambientales a través del Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (Sinada) del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) contra las operaciones del botadero minero “Excélsior ” de la Empresa Activos Mineros S.A.C. por la afectación de la calidad del aire debido a las actividades de remoción de material particulado (PM), que se encuentra en la zona aledaña a la Institución Educativa N° 34037 en el distrito de Simón Bolívar, del departamento de Cerro de Pasco.

Para Salini (2014) la “cantidad de material particulado que se transporta en el aire, presenta niveles significativos, estos al ser inhalados alteran la calidad de vida de las personas generando distintos tipos de enfermedades. El PM₁₀ es considerado como la mayor fuente de enfermedades y mortalidad alrededor del mundo (p. 2).

La remoción de material particulado en dicho botadero está alterando la calidad de vida de 11,913 habitantes aproximadamente, siendo ello uno de los problemas medioambientales que se logra expandir con mayor rapidez por las distintas variables climatológicas, que traslada el aire con gran cantidad de material particulado a todas partes.

Las variables climatológicas tales como la temperatura, velocidad del viento, dirección del viento, la precipitación, humedad, entre otros, contribuyen en la acumulación de los contaminantes atmosféricos. Haciendo que la velocidad y la dirección de viento influye en la dispersión de las inoculaciones generando atención a nivel distrital debido al impacto que lleva la contaminación atmosférica.

I.2 Trabajos previos

De acuerdo a las búsquedas de referencias bibliográficas, se apreció la falta de documentación relacionada a la Contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, por ello se ha considerado como referencias de investigación de ámbito nacional e internacional otras investigaciones semejantes, utilizando de igual modo un software para el modelamiento de dispersión. De los cuales se detalla a continuación:

De la Paz (2013) manifiesta que, “los valores medios anuales de PM₁₀ las cuales se obtuvo para las estaciones de monitoreo en la estación de Manizales (Colombia), se encuentran por debajo del límite anual el cual fue establecido en la Resolución N° 610 de 2010, el cual es de 501 µg/m³, sin embargo, las demás estaciones se encuentran por encima del límite promedio anual el cual recomendó la OMS de 20 µg/m³” (p. 93).

Briones y Malaver (2017) de acuerdo a los resultados de su trabajo de investigación indican que, “las concentraciones de PM₁₀ no sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental del Aire en la Cuenca Atmosférica de Cajamarca, tanto para el año 2014 como para el año 2015. Por lo que no significaron mayor impacto tratándose de determinar el tema de calidad de aire en esta zona determinada” (p. 102).

Aguilar, Luisa (2015) de acuerdo a la investigación que realizó indica que, “las condiciones climatológicas en el periodo 2010 – 2014, establecieron que en el 2012 se presenció mayor registro de anomalías, respecto al promedio anual de la temperatura del aire y el año con menor registro anual fue el 2012, el año 2013 registrándose la mayor anomalía en el promedio anual de la humedad relativa y para el 2011 registró la menor anomalía. Por otra parte, los vientos en el periodo 2010 – 2014 fueron estimados como débiles para los promedios anuales <3 m/s y dirección del viento sobresaliente fue de suroeste (SW) (p. 84)”.

“El software “R”, estudia el impacto de las emisiones a la atmósfera. Como conclusión del estudio, se considera que aunque los límites según la dispersión

de una fuente fija de presencia de material particulado sobrepasen los límites permisibles por la normatividad, y más aún en cuanto al grupo de las industrias de la zona industrial de Puente Piedra supera enormemente los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) es necesario que las empresas realicen la implementación de planes de reducción de sus emisiones, con el fin de minimizar el impacto ambiental negativo, tanto al interior de las planta como en las zonas aledañas a ellas” (DEPAZ, Alex, p. 1, 2017).

Arcón, Jean y López, Tania (2016) de los resultados concluyeron que, “la correlación que establecieron con el modelo ISCST3 consiguieron resultados aceptables para los meses de abril y junio, con el modelo determinaron que muestra una buena correlación de acuerdo a lo observado en campo y calculado. Para el mes de marzo y mayo lograron una correlación inaceptable debido a la diferencia de tiempos de muestreo diario que se llevó. Además, de acuerdo al monitoreo encontraron concentraciones que van desde $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el cual proviene de la cantera” (92).

Oudwater, Suzanne (2017) de acuerdo a sus resultados determinaron lo siguiente, “el modelo de concentración de AERMOD indica que predice un promedio de PM_{10} por hora para una distancia de 5 metros hasta 60 metros de la fuente de perforación. Los análisis de validación tienen una sobrepredicción en la dirección. La curva de desintegración muestra una clara sobrepredicción. Se muestra que el comportamiento de los datos predichos puede validar los datos observados y que se obtiene un buen modelo” (p.49).

Sierra, Maga (2006) estableció la asociación que pueda existir entre las variables climatológicas y las contracciones de PM_{10} en Bogotá, a través de sus resultados de monitoreo y los de las gráficas de los Software empleados concluyó que, “El análisis de correlación muestra que la única asociación identificable por este método es la asociación entre PM_{10} y Velocidad del viento, observándose además un comportamiento inverso de las dos variables, a mayor PM_{10} menor Velocidad del Viento y viceversa, lo cual indica que esta asociación tiene una relación directa.

De acuerdo a esto el comportamiento del PM_{10} en el día, puede ser atribuido en parte a la velocidad del viento, se observa que en la mañana las concentraciones

son más altas que en la tarde y la velocidad del viento es más baja en la mañana que en la tarde” (p. 132).

I.3 Teorías relacionadas al tema

La atmósfera

Para Cuadra y Pita (2011), la atmósfera es el elemento principal del ecosistema, ya que muestra una baja densidad y fácil movilidad lo cual lo hace inestable, pero es esencial en el equilibrio energético, debido a que controla el porcentaje de radiación que llega al suelo y esta libera al espacio y es el encargado de la transferencia de calor en el planeta y clima. Está compuesta de gases, partículas sólidas y líquidas en suspensión que son regidas por la fuerza de gravedad. La atmósfera puede aproximarse a 10.000 km de altitud (p. 23).

Climatología

Para Sierra (2006) la climatología “estudia las variaciones del clima que va teniendo a lo largo del tiempo. De igual forma, es un conjunto de fenómenos meteorológicos que determinan las condiciones habituales o más probables de un punto determinado de la superficie terrestre” (p. 26).

También estudia los cambios atmosféricos que se genera a cada segundo, el cual utiliza los parámetros como humedad, presión atmosférica, temperatura, el viento o las precipitaciones (Sierra, Magda, 2006, p. 26).

Contaminación atmosférica

Está compuesto de elementos, sustancias y otros en concentraciones o niveles que alteren la calidad del aire.

Para Cerda y García (p. 43, 2010), “los que provienen directamente del origen de emisión son denominados contaminantes primarios y los contaminantes secundarios son las reacciones químicas y físicas que sufren los contaminantes primarios”.

De acuerdo a la investigación que realizó Ballester concluyó que las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático empeoran los efectos de la contaminación del aire sobre la salud, no solo indirectamente por el impacto en

los fenómenos meteorológicos, sino, de manera inmediata, por los efectos de los contaminantes para la salud.

Calidad del aire

“Es el estado del aire ambiente el cual es expresado a través de medidas de concentración o intensidad de contaminantes, microorganismos o apariencia física, estos indican los grados de contaminantes a lo que está expuesta la biósfera” (Sierra, p. 42, 2006).

Factores Climatológicos

López y Pacheco (2015), indican que, “los factores climatológicos es la suma de distintos estímulos atmosféricos, sin contar que estos varían de un día para otro, y que los valores medios y sus desviaciones disimulan a corto plazo y a los valores extremos. Asimismo, estos pueden variar de un lugar a otro o incluso en los dos lados opuestos” (p. 36)

- **Temperatura:** Presenta cambios durante el día en función del calentamiento solar directo de un día a otro según los sistemas climáticos se desplazan alrededor del globo (Investigación de Aprendizaje GLOBE, p. 10, 2005).
- **Velocidad del viento:** Es el desplazamiento de masas de aire que se va alterando debido al relieve y la aceleración de Coriolis (SENAMHI, p. 19, 2001).
- **Precipitación:** Es toda agua meteórica que cae en la tierra, ya sea en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (roció, la helada blanca, etc.) (SENAMHI, p. 14, 2001).
- **Humedad relativa:** Expresa el contenido de vapor de la masa de aire y su máxima capacidad de almacenamiento. Se representa en tanto por ciento (%) (RODRIGUEZ, Rosa, BENITO, Argüeda y PORTELA, Adelaida., p. 30, 2004).
- **Dirección del viento:** Dependerá de la distribución y evolución de los centros isobáricos, donde se desplaza el contaminante emitido por la fuente (SENAMHI, p. 17, 2001)

Tabla N° 01: Escala de medición de velocidad de viento de Beaufort

Fuerza	m/s	Kn (nudos)	Km/h	Estado
F0	0 - 0.2	- de 1	0 – 2	Calma
F1	0.3 - 0.5	1 – 3	2 – 6	Ventolina
F2	1.6 - 3.3	4 - 6	7 – 11	Brisa muy débil
F3	3.4 - 5.4	7 – 10	12 – 19	Brisa débil, flojo
F4	5.5 - 7.9	11 – 16	20 – 29	Bonancible, brisa
F5	8.0 - 10.7	17 - 21	30 – 39	Brisa fresca
F6	10.6 - 13.8	22 – 27	40 – 50	Brisa fuerte
F7	13.9 - 17.1	28 – 33	51 – 61	Frescachón, viento
F8	17.2 - 20.7	34 – 40	62 – 74	Temporal
F9	20.8 - 24.4	41 – 47	75 – 87	Temporal fuerte
F10	24.5 - 28.4	48 – 55	88 – 101	Temporal duro
F11	28.5 - 32.6	56 – 63	102 – 117	Temporal muy duro
F12	Más de 32.7	+ de 64	+ de 118	Temporal

Fuente: DEXTRE Evangelista, Edita. Comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con la calidad de aire por material particulado PM2.5, San Juan de Lurigancho – 2016.

Material Particulado

- **Material Particulado:** Compuesto de partículas sólidas y líquidas en el aire, el cual varía en número, tamaño, forma, superficie, composición química, solubilidad y origen (JIMÉNEZ, Liliana, p. 27, 2011).
- **Efectos en la salud:** “Altera a diversas partes de nuestro sistema tales como al sistema cardiaco, sistema respiratorio, al cerebro, sistema circulatorio, entre otros, causando daños y alteraciones” (JIMÉNEZ, Liliana, p. 30, 2011).
- **Población susceptible:** “Está constituido por niños, personas de la tercera edad, personas con enfermedades cardiacas y respiratorias” (JIMÉNEZ, Liliana, p. 25, 2011).
- **Fuentes:** “La fuente contaminante es aquella que genera contaminante al aire debido a las actividades, procesos u operaciones que sean perjudiciales al medio ambiente” (Pacheco, et al, p. 77, 2009).

- ✓ **Fuentes Fijas:** “Son instalaciones establecidas en un solo lugar como las industrias: la química textil, petrolero, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y entre otras” (Pacheco, et al, p. 77, 2009).

- ✓ **Fuentes Móviles:** “No se encuentran localizadas en un solo lugar y tienen otros medios de traslado como auto, camiones y aviones, etc. Resaltamos que la principal fuente de contaminación del aire es el automóvil, ya que expulsa grandes cantidades de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógenos (NOx) y compuestos orgánicos volátiles” (COVs) (INECCDIE, 2014).

MINITAB 17

“Es un Software estadístico el cual contiene alrededor de 200 comando que permiten examinar y analizar datos. Mediante los comando o instrucciones sencillas, es posible realizar análisis estadísticos, generar histogramas, construir gráficos y cuadros sencillos” (Universidad del Pacífico, 1995).

El Minitab es un programa estadístico que contiene diversas funciones. Necesarias para la estadística descriptiva, inferencial, diseño de experimentos, serie de tiempo, multivariada, confiabilidad y otras funciones especiales, las cuales facilitan cálculos y análisis estadísticos para conveniencia de cada usuario (Salgado, Dogaberto, p. 4).

Este programa fue creado en 1972 por tres docentes de estadística de Penn State University. Uno de ellos es Barbara Ryan, quien es la presidenta y directora ejecutiva de Minitab.

I.4 Formulación del problema

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó los siguientes problemas de investigación:

I.4.1 Problema general

¿Cuál es la relación del PM₁₀ con respecto a las variables climatológicas en el centro poblado de Champamarca, 2018?

1.4.2. Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- ¿Cuál es la relación del PM₁₀ con respecto a la temperatura en el centro poblado de Champamarca, 2018?
- ¿Cuál es la relación del PM₁₀ con respecto a la Velocidad del viento en el centro poblado de Champamarca, 2018?

I.5 Justificación del estudio

A continuación, se explicará una breve síntesis de las justificaciones del estudio que se está realizando.

I.5.1 Justificación teórica

Edita (2016) nos indica que, “es importante desarrollar el análisis de la calidad del aire que es afectado por la contaminación de material particulado, el cual es uno del contaminante más peligroso para salud poblacional y el riesgo de sus habitantes al ser receptores directos” (p. 29).

Al desarrollar esta investigación nos permitirá a conocer el estado de la calidad del aire del centro poblado de Champamarca. A través del Minitab versión 17 determinará si existe relación entre el PM₁₀ y las variables climatológicas (Temperatura y Velocidad del viento).

I.5.2 Justificación metodológica

El presente trabajo tiene por finalidad determinar si existe relación entre el PM₁₀ y las variables climatológicas (temperatura y velocidad del viento), para esta metodología se aplicó serie de tiempo el cual nos permitió ver el comportamiento de las variables mencionadas, luego se realizó Prueba de Normalidad pero los resultados arrojaron que no es una población normal, es por ello que se utilizó

Prueba No Paramétrica seleccionando Anderson – Darling y Spearman Rho, los cuales indicarán la existencia de la relación de las variables a estudiar.

1.5.3 Justificación tecnológica

Los datos de PM₁₀ y de las variables climatológicas se obtuvieron a través de los monitoreos que realizó el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) desde febrero del 2017 a agosto del 2018, para la obtención del PM₁₀ utilizaron equipo de High-vol. Luego el análisis fue desarrollado por gravimetría, el cual cuenta con un filtro para que concentre a las partículas y de por determinada por diferencia de pesos del filtro antes y después de hacer el monitoreo, para luego establecer una relación entre masa y volumen del mismo. Los datos climatológicos fueron tomados de la estación Paragsha, que se encuentra en el distrito de Simón Bolívar, departamento de Pasco.

Una vez obtenido los datos de concentración de PM₁₀ y de las variables climatológicas, se procedió realizar el análisis respectivo a través del Software Minitab versión 17.

Tabla N° 02: Equipos utilizados en la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el distrito de Simón Bolívar.

Equipo	Marca	Modelo	Parámetro
Muestreo de alto volumen de material particulado (High-Vol)	Thermo Scientific	G10557	Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)
Estación meteorológica	Campbell	CR1000	Velocidad de Viento
			Dirección de viento
			Temperatura ambiente
			Presión barométrica

Fuente: Informe N° 264-2018-OEFA/DEAM-STEC. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

I.6 Hipótesis

I.6.1 Hipótesis general

HG: El PM_{10} tiene relación significativa respecto a las variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, 2018.

I.6.2 Hipótesis específicas

HE1: Existe una relación directa entre el PM_{10} con respecto a la temperatura en el Centro poblado de Champamarca, 2018.

HE2: Existe una relación directa entre el PM_{10} con respecto a la velocidad viento en el Centro poblado de Champamarca, 2018.

I.7 Objetivos

I.7.1 Objetivo general

Determinar la relación de las variables climatológicas ante la contaminación atmosférica en el Centro poblado de Champamarca, 2018.

I.7.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

OE1: Determinar la relación entre el PM_{10} con respecto a la temperatura en el Centro poblado de Champamarca, 2018.

OE2: Determinar la relación entre el PM_{10} con respecto a la velocidad viento en el Centro poblado de Champamarca, 2018.

II. MÉTODO

II.1 Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en forma no experimental, debido a que no se manipuló las variables, si no se observaron las variables climatológicas para su análisis respectivo.

Además, está definido como cuantitativo de alcance o tipo descriptivo correlativo, por la correspondencia entre dos variables correccional. Es decir, el Descriptivo analiza las propiedades o fenómenos; y el correlacional determinará el grado de relación que hay entre las variables climatológicas y la contaminación atmosférica.

II.2 Variables, operacionalización

II.2.1 Variables

Variable Dependiente 1: Material Particulado (PM₁₀)

PM₁₀: µg/m³

Variable Dependiente 2: Variables climatológicas

Temperatura: °C

Velocidad del Viento: m/s

II.2.2 Operacionalización de las variables

Los datos fueron obtenidos a través del acceso de información del OEFA, “*Contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, 201*

Tabla 03 Matriz de Operacionalización del “Contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018”.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición
Factores Climatológicos	López y Pacheco (2015), indican que, “los factores climatológicos es la suma de distintos estímulos atmosféricos, sin contar que estos varían de un día para otro, y que los valores medios y sus desviaciones disimulan a corto plazo y a los valores extremos. Asimismo, estos pueden variar de un lugar a otro o incluso en los dos lados opuestos” (p. 36)	Los datos fueron obtenidos a través del acceso de Información del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), quienes poseen su centro de monitoreo Paragsha en el centro poblado de Champamarca, Pasco.	Temperatura	Temperatura máxima	Termómetro	°C (Celsius)
				Temperatura mínima		
			Viento	Velocidad	Anemómetro	m/s
Material Particulado	Es la mezcla de partículas sólidas y líquidas en el aire, que varían en número, tamaño, forma, superficie, composición química, solubilidad y origen” (JIMÉNEZ, Liliana, p. 27, 2011).	Para obtener el material particulado utilizaron el equipo Hi-Vol. Se obtuvo los datos a través del “Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos” elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) en el 2005	PM10	Concentración Máxima	Hi-vol	µg/m ³
				Concentración Mínima		
			Estados de Calidad de Aire PM10	Estado Bueno	ECA de Aire- DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM	>250 µg/m ³ Promedio aritmético 24 horas
				Estado Moderado		>350 µg/m ³ Promedio aritmético 24 horas
Estado Malo	>420 µg/m ³ Promedio aritmético 24 horas					

II.3 Población y muestra

Población

El centro poblado de Champamarca está ubicado entre 5 a 7 Km al suroeste de la ciudad de Pasco, sobre 4200 m.s.n.m. (Astete, Jonh, [et al.] 2009, p. 16). El departamento de Pasco cuenta con una población de 308.5 mil habitantes aproximadamente, del cual solo 11.913 habitantes son del distrito de la provincia de Champamarca (CPI, 2017).

De acuerdo al monitoreo realizado desde febrero del 2017 hasta agosto de 2018, se tomó el volumen de aire de monitoreo de la estación climatológica Paragsha ubicado en el I.E. N° 34037 Ubicado en el Jr. Quillacocha S/N.

Departamento:	Cerro de Pasco
Provincia:	Cerro de Pasco
Distrito:	Simón Bolívar
Centro Poblado:	Champamarca

Figura N° 01: Ubicación del lugar – Simón Bolívar, Cerro de Pasco



Fuente: Google Earth

Muestra

Los especialistas de Evaluaciones ambientales del OEFA, evaluaron por 19 meses de muestreo por cada variable, en los meses ya mencionado en el párrafo anterior, en los equipos de monitoreo se midieron las siguientes variables:

- Temperatura
- Dirección del viento
- Velocidad del viento
- Precipitación
- Humedad relativa
- Presión barométrica

Con el equipo de High-vol se midió la Concentración de Material Particulado PM₁₀.

Tabla N° 04 - Parámetro evaluados en la vigilancia ambiental de la calidad del aire en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, departamento de Pasco.

Parámetro	Método de Referencia	Técnica Empleada
Material particulado menor o igual a 10 micras (PM ₁₀) - Alto Volumen (*)	Método manual de la EPA/625/R-96-010°- Compendium Method IO-3.1; Item 4 y 5 (excepto 5.1.15.2.3.7 y 5.3) june 1999-(Validad)-No incluye muestreo	Reference Selection, Preparation and Extraction of Filter Material - PM ₁₀ Alto volumen
Metales en PM ₁₀ - Alto Volumen	EPA IO-3.5, June 1999*	Determination of Metals in Ambiente Particulate Matter Using Inductively Coupled Plasma / Mass Spectrometry (ICP/MS)
Velocidad de viento Dirección de viento Temperatura Humedad relativa Precipitación Presión barométrica	Método automático	

(*) Fuente: Informe de ensayo 41238/2018, Laboratorio ALS LS Perú S.A.C.

“-” No aplica

Figura N° 2: Ubicación de la I.E. N° 34037 en relación al Botadero “Excélsior”



Fuente: Google Earth

Muestreo para las variables climatológicas

Los especialistas emplearon la estación meteorológica de la marca Campbell, modelo CR1000, el cual tomó los parámetros de velocidad de viento, dirección de viento, temperatura ambiente, precipitación, humedad relativa y presión barométrica.

Para el monitoreo se consideraron los siguientes horarios:

- Diurnas (07:00 h – 11:00 h)
- Horas vespertinas (12:00 h – 18:00 h)
- Horas nocturnas (00:00 h – 6:00 h y 19:00 h – 23:00 h)

Desarrollaron de este método para analizar y evaluar la influencia de la climatología local sobre los contaminantes monitoreado.

Tabla N° 05 – Protocolo de monitoreo utilizado para el monitoreo de aire.

Protocolo	Departamento / País	Institución	Dispositivo legal	Año
Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Aire y Gestión de los Datos	Cerro de Pasco, Perú	Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)	Resolución Directoral N° 1404-2005-DIGESA/SA	2005

Fuente: Informe N° 264-2018-OEFA/DEAM-STEC. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

Criterios de comparación

Para PM10 en periodo anual será comparado con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, el cual fue aprobado mediante el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, el cual establecen los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente.

**Tabla N° 06: Estándares de calidad ambiental para aire de acuerdo al
Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM**

Parámetros	Período	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ^[1]
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	

NE: No Exceder

[1] Método equivalente aprobado.

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 003-2017-MINAM

Cálculos de las concentraciones de PM₁₀

Las muestras que se obtuvo se enviaron a un laboratorio acreditado para obtener el peso del material particulado, así como para el análisis de metales en filtros PM₁₀. Para determinar el PM, se empleó la siguiente ecuación:

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

Donde:

Q_{std} = Flujo promedio (m³/min) a condiciones de referencia indicadas (i.e. 25 °C y 101,3 kPa).

Q_a = Flujo promedio (m³/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 muestreo (K).

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

P_{std} = Presión estándar (i.e. 101.3 kPa o 760 mmHg)

Luego se promedió para calcular el flujo promedio del volumen total de aire muestreado, a través de la siguiente ecuación 6-2.

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

Donde:

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

t = Tiempo de muestreo (min).

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

$$C_{PM10} = \frac{10^{-16} \cdot (W_f - W_i)}{V_{std}}$$

Donde:

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

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

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

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

$$C_{M_{total\ i}} = \frac{10^{-6} \cdot (W_{total\ i})}{V_{std}}$$

=

Donde:

$C_{M_{total\ i}}$ = Concentración de metal ($\mu g/m^3$).

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

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

II.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

Se aplicó el método observacional y monitoreo

2.4.2 Método de muestreo:

2.4.2.1 Muestreo para la Concentración de PM₁₀

Los especialistas de Monitoreo Ambiental del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, aplicaron el método automático, el cual se desarrolló con el equipo de muestreo de alto volumen de material particulado (High-Vol) de la marca Thermo Scientific y modelo G10557, se llevó a cabo en la I.E. N° 34037 Ubicado en el Jr. Quillacocha S/N del centro poblado de Champamarca. Se monitoreó el desde febrero 2017 hasta agosto de 2018 en periodo de 24 horas.

Tabla N° 07 – Ubicación de la estación de vigilancia ambiental de la calidad del aire en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco.

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

Fuente: Informe N° 264-2018-OEFA/DEAM-STEC. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

2.4.3. Validez y Confiabilidad

De acuerdo a Sampieri, Fernández y Baptista (2010), nos indican que una herramienta confiable es cuando al realizar varias pruebas a una misma acción

este debe salir resultados iguales. Por otra parte, la validez es aceptada cuando este mide lo que realmente se desea medir.

En el presente proyecto de investigación, se determinó la validez y confiabilidad de los datos debido a que proviene del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, el cual es un organismo técnico del Ministerio del Ambiente.

Los instrumentos de monitoreo son confiables en el almacenamiento de datos, debido por contar con certificado de calibración, tal como se puede ver en los anexos.

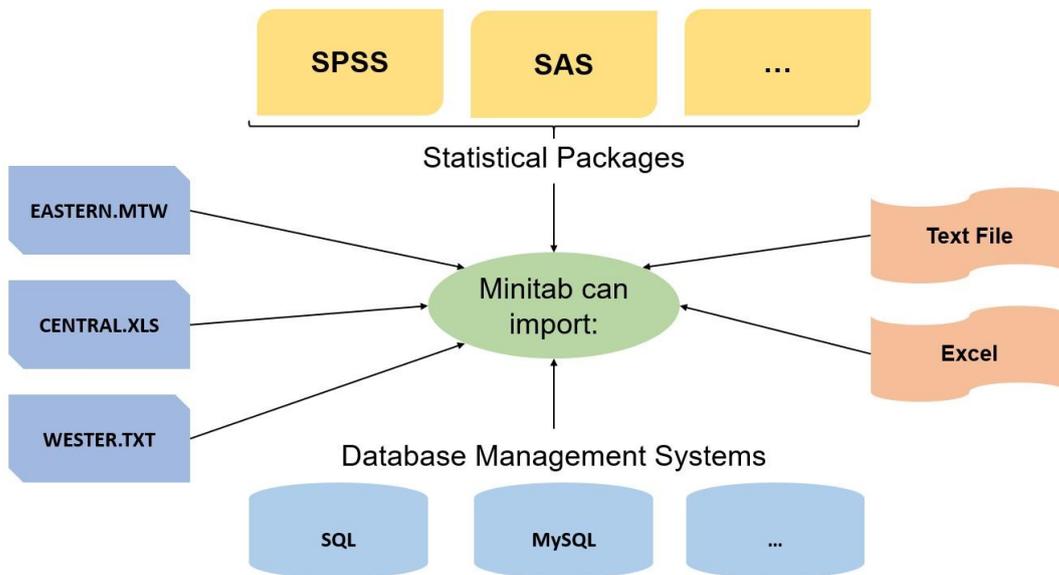
II.5 Métodos de análisis de datos

Para desarrollar los modelos de calidad de aire se aplicó el Software MINITAB versión 17, el cual está conformado con un conjunto de comandos para el análisis de datos y cálculos. A demás cuenta con:

- Eficacia en el manejo y almacenamiento de datos.
- Importación inteligente de datos.
- La actualización de automática de gráficas, se da cuando se agrega o editas datos.
- Se puede manipular datos sin problemas, se puede crear formatos a las columnas para identificarlas instantáneamente
- Herramientas coherentes e integradas para el análisis de datos.
- En una sola página se tener todas las gráficas y los datos.
- Facilita investigar relaciones entre las variables a estudiar.

En la Figura N° 09 se puede observar que Minitab 17 puede importar datos de diversas fuentes: paquetes estadísticos, bases de datos, ficheros de texto, binarios, hojas de cálculo, teclado, etc.

Figura N° 03: Importación de datos en Minitab 17

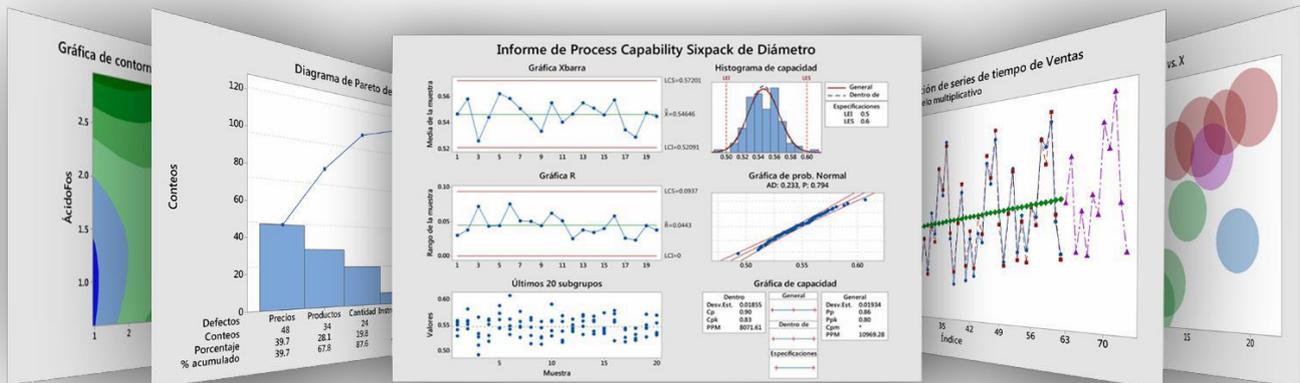


Fuente: Minitab 17. Introducción a Minitab básica.

El Software Minitab 17 cuenta con trece (13) tipos de características, para analizar los datos a estudiar.

- Gráficas
- Distribuciones de probabilidades
- Estadísticos de resumen
- Pruebas de hipótesis
- Remuestreo Bootstrap
- Pruebas de aleatorización
- ANOVA
- Regresión
- Gráficas de control
- Series de tiempo y pronósticos
- No Paramétricos
- Tablas
- Datos

Figura N° 04: Características de Minitab - Gráficos



Fuente: <http://www.minitab.com/es-mx/products/minitab/>

Para el análisis cuantitativo se utilizó el Software Minitab versión 17, para los estudios respectivos como los registros tomados en el periodo de 19 meses (febrero 2017 hasta agosto 2018) en la zona de estudio.

Como las variables son cuantitativas se aplicó la serie de tiempo para observar el comportamiento de las variables antes los años, luego se desarrolló la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, pero los resultados indicaron que no es una población normal. Por ende, se utilizó Prueba No Paramétrica aplicando el Anderson – Darling y Spearman Rho quienes demostrarán si existe o no relación entre las variables a estudiar.

Para determinar nuestro estudio sobre contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con las variables climatológicas en el centro poblado de Champamarca, 2018 se utilizará las siguientes funciones de Minitab 17, que a continuación se detallarán:

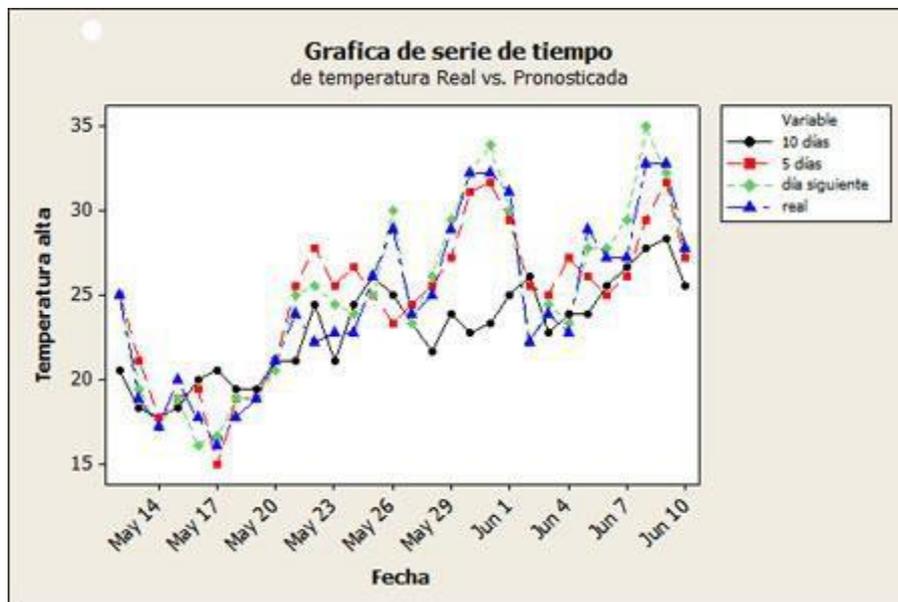
- **Serie de tiempo**

Se empleó serie de tiempo para analizar la sucesión cronológica de observaciones de las variables a estudiar. Una Serie de tiempo es una colección

de datos reunidos sobre la misma variable a lo largo de un tiempo determinado. El cual nos permitirá realizar mediciones de ciertos fenómenos o experimentos registrado en el tiempo (MÉNDEZ, Arlette, p. 15, 2013).

Primero se graficará las observaciones para obtener medidas simples descriptivas. Luego se tomará las observaciones de las variables para explicar su variación. También nos permitirá predecir los valores futuros que la serie puede tomar. Su finalidad es analizar con el fin de mejorar el control sobre algún sistema.

Figura N° 05: Gráfica de serie de tiempo - Minitab



Fuente: Minitab. Pronósticos Meteorológicos. Disponible en: <http://www.minitab.com/es-mx/Published-Articles/Weather-Forecasts--Just-How-Reliable-Are-They/>

- **Prueba de Shapiro Wilk**

Esta prueba se emplea cuando la muestra es igual o menor a 50. Es necesario calcular la media y la varianza para que esta pueda ser aplicada, S^2 , y posteriormente ordenar los datos de menor a mayor. Esos datos son corregidos con unos coeficientes tabulados por Shapiro y Wilk. Donde el estadístico de prueba es

$$-D^2$$

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

Donde la D es la suma de las diferencias corregidas.

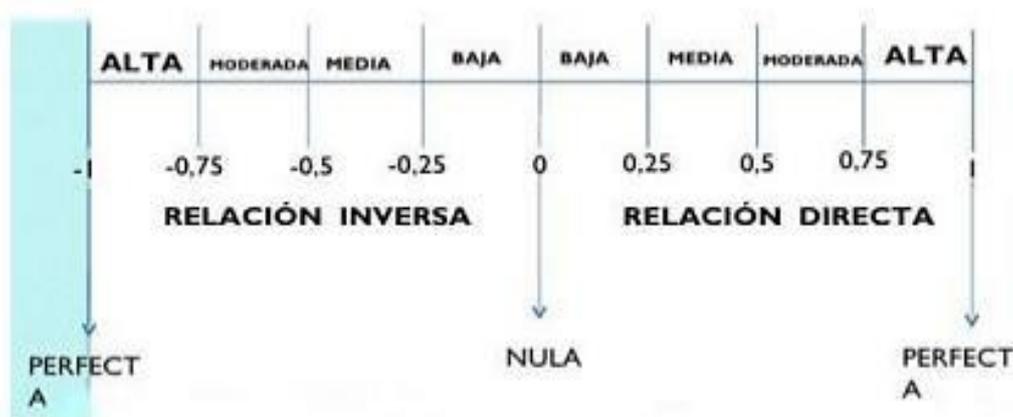
La hipótesis nula de normalidad se rechaza cuando el estadístico es W es menor que el valor crítico para el tamaño muestral y el nivel de significación dado (Cabrera, Gabriela, p. 77, 2015).

- **Spearman Rho**

Como los datos de la muestra presentan distribución no normal en la prueba de Shapiro Wilk, se utilizó el estadístico de Spearman Rho el cual es una prueba estadística no paramétrica. Cuando la distribución muestral no se ajusta a una distribución conocida, es debido a que los estimadores no son representativos de los parámetros.

Los coeficientes de correlación de Spearman y Pearson, muestran una asociación entre sus variables. Es posible alcanzar un coeficiente de asociación entre las variables que no se comportan normalmente y también entre variables ordinales. Esto es calculado con una serie de rangos asignados. Tal y como se hace en Pearson, los valores van de -1 a 1, siendo 0 el valor que indica que no existe correlación entre las variables, y además que los signos indican correlación directa e inversa (DÍAZ, Ignacio. et al., p. 12, 2014).

Figura N° 06: Gráfica de valores de Rho Spearman



Fuente: DÍAZ, Ignacio. et al. Coeficiente de asociación de Pearson y Spearman SPSS, p. 12, 2014

- **Anderson - Darling (AD)**

La prueba de Anderson – Darling se utiliza para tratar si una muestra de datos proviene de una población de una distribución específica (CARMONA, Mariana y CARRIÓN, Hanne, p.94, 2015).

El AD mide que tan bien siguen los datos de una distribución, mientras se ajuste la distribución a los datos menor será este estadístico, es decir, para determinar si los datos cumplen el supuesto de normalidad. Se podrá utilizar el valor P para comparar el nivel de significancia (por lo general 0.05 o 0.10), entonces se rechazará la hipótesis nula.

Anderson-Darling compara el ajuste de varias distribuciones para determinar cuál es la mejor. Sin embargo, para concluir esto el AD debe ser menor que los demás. Es decir, cuando los estadísticos están próximos entre sí, se deben usar criterios adicionales, como las gráficas de probabilidad, para elegir entre ellos.

La función de Minitab es calcular el estadístico de AD aplicando la distancia al cuadrado ponderada entre la línea ajustada de la gráfica de probabilidad (con base en la distribución elegida y usando el método de estimación de máxima verosimilitud o las estimaciones de mínimos cuadrados) y la función de paso no paramétrica. El cálculo tiene mayor ponderación en las colas de la distribución (MINITAB, El estadístico de Anderson-Darling).

Aspectos éticos

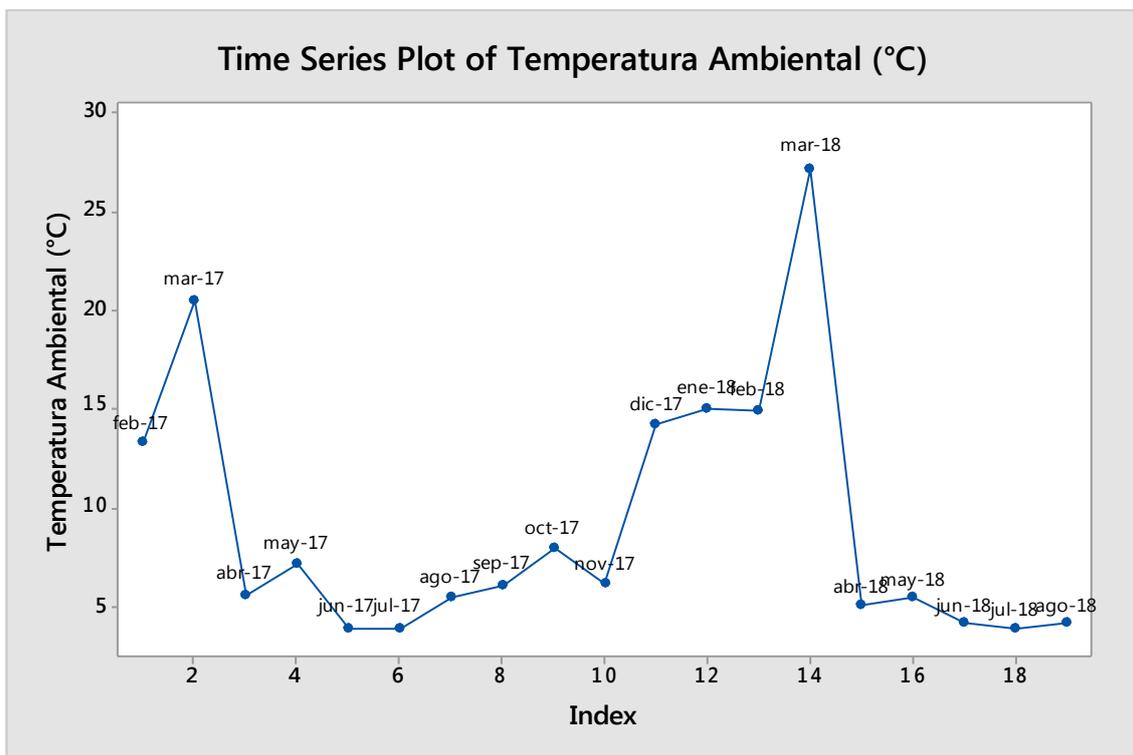
El presente trabajo se buscó la determinar la Contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, para así poder brindar una posible solución y mejorar la calidad de la salud pública del distrito. Los resultados obtenidos serán únicamente para propósito académicos, asimismo, se respetará la información obtenida.

III. RESULTADOS

3.1 Comportamiento de las variables climatológicas

- Variable climatológica: Temperatura

Figura N° 07: Comportamiento de la Temperatura ambiental anual en Champamarca (febrero 2017 - agosto 2018)

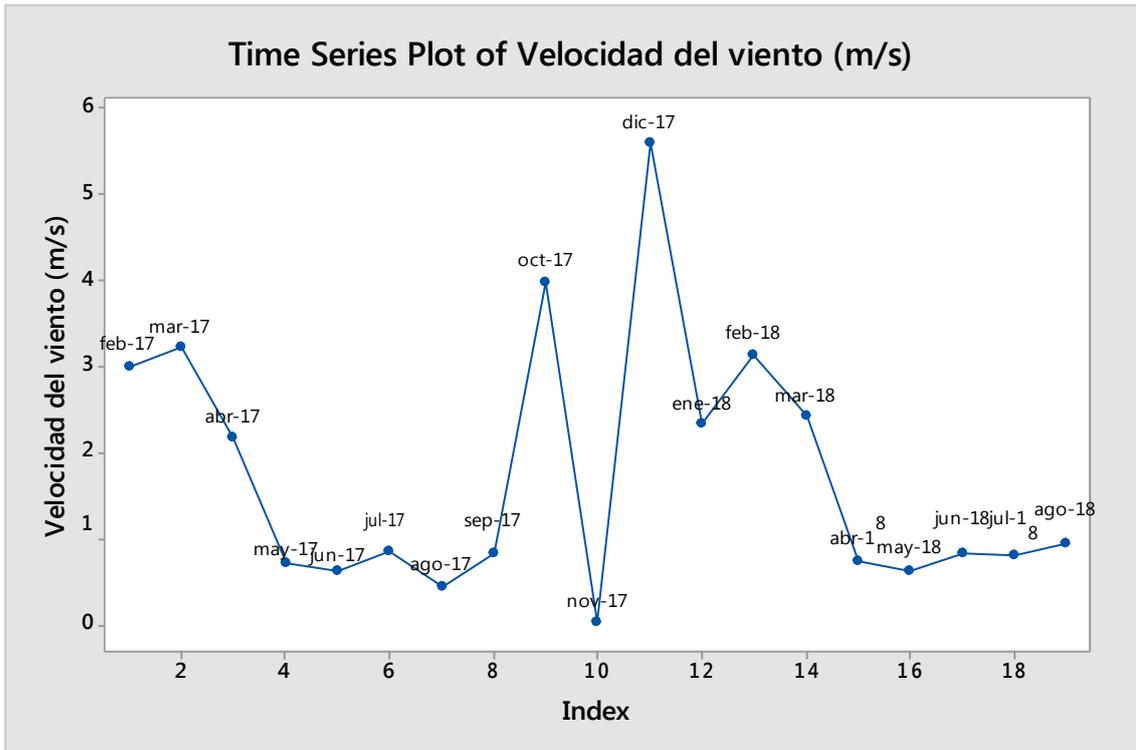


Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se puede observar que el mes de marzo de 2017 presentó un alto grado de temperatura, de igual forma en el mes de marzo de 2018. Se puede concluir que estos meses son de altas temperaturas, llegando a pasar los 25 °C.

- Variable climatológica: Velocidad del viento

Figura N° 08: Comportamiento de la velocidad del viento anual en el centro poblado de Champamarca (febrero 2017 - agosto 2018)

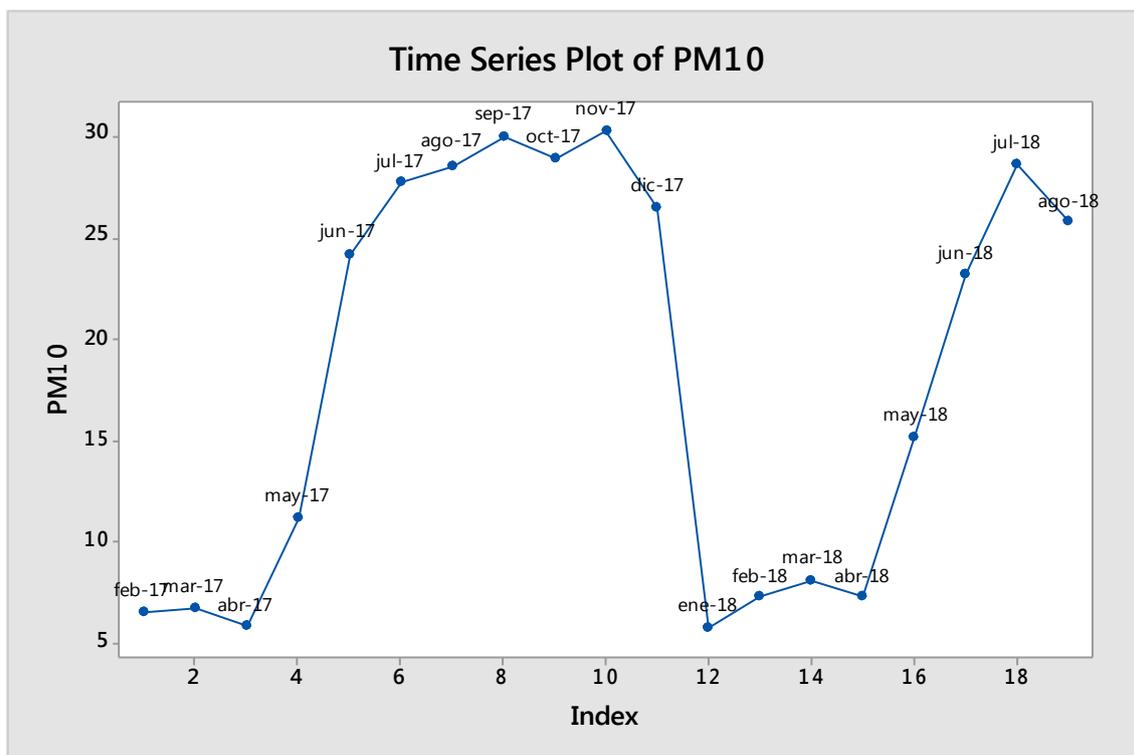


Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente figura N°V 08 se observa que en los meses de octubre y diciembre de 2017 presentaron mayores velocidades de viento, y de acuerdo al comportamiento de estos es probable que para el 2018 se vuelva a proyectar.

3.2 Comportamiento del PM₁₀

Figura N° 09: Comportamiento anual del PM₁₀ (febrero 2017 – agosto 2018)



Fuente: Elaboración Propia

En la figura N° 09 se puede analizar que a partir de mayo de 2017 hasta noviembre de 2017 se presenciaron altos valores de PM₁₀, después de estos meses se observa una descendencia de este contaminante. De igual manera, se observa que a partir de mayo 2018 hasta julio 2018 vuelve a aumentar el valor del PM₁₀, no obstante, estos están dentro del Estándar de Calidad de Aire el cual fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM.

3.3 Estado de Calidad de Aire para el PM₁₀

A anual

Para realizar el análisis de los resultados, se tomó en consideración los estados de calidad de aire, el cual desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

Tabla N° 08: Estado de Calidad de Aire para el PM₁₀ – 2017 a 2018 – Periodo anual

Año	Mes	PM10	Año	Mes	PM10
2017	Febrero	6.45 µg/m ³	2018	Enero	5.70 µg/m ³
	Marzo	6.70 µg/m ³		Febrero	7.22 µg/m ³
	Abril	5.80 µg/m ³		Marzo	8.00 µg/m ³
	Mayo	11.18 µg/m ³		Abril	7.20 µg/m ³
	Junio	24.20 µg/m ³		Mayo	15.16 µg/m ³
	Julio	27.80 µg/m ³		Junio	23.25 µg/m ³
	Agosto	28.60 µg/m ³		Julio	28.70 µg/m ³
	Septiembre	30.00 µg/m ³		Agosto	25.80 µg/m ³
	Octubre	29.00 µg/m ³			
	Noviembre	30.30 µg/m ³			
	Diciembre	26.50 µg/m ³			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 09: Tabla de Índice de Calidad Ambiental (INCA)

INCA	Concentración µg/m ³
BUENA	0-75
MODERADA	76-150
MALA	151-250
Umbral de cuidado	>250

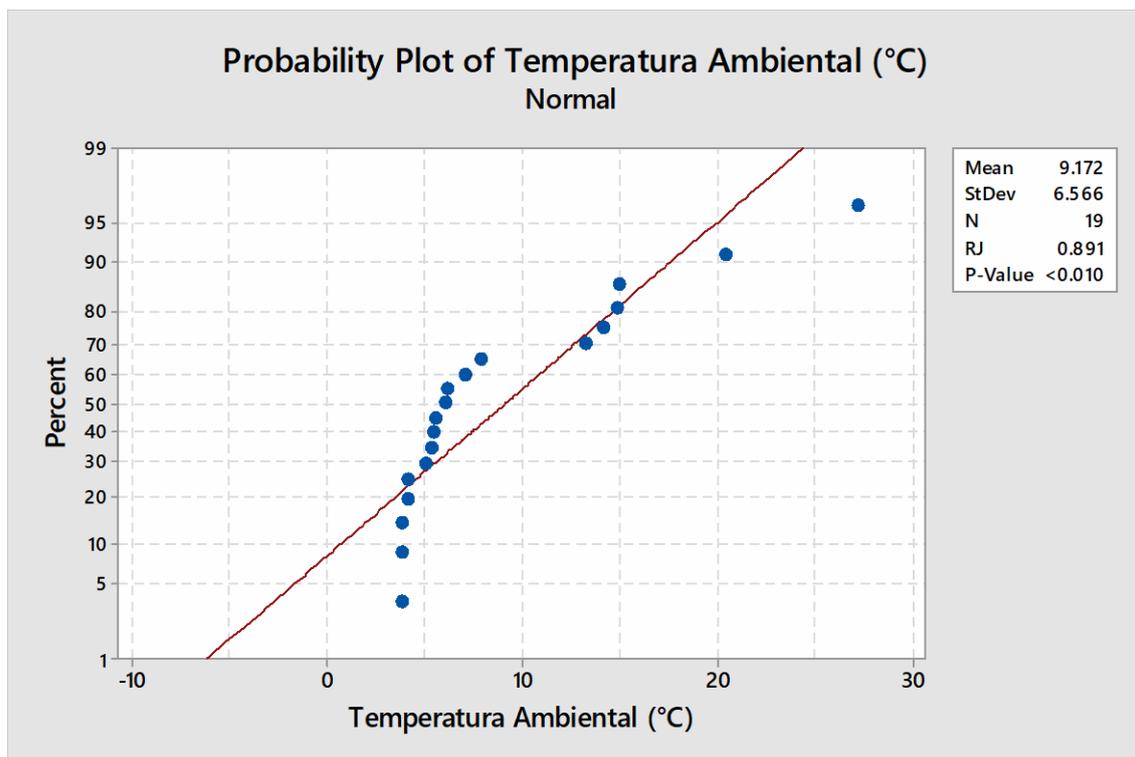
Fuente: MINAM

De la Tabla N° 09 de acuerdo al Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM del Ministerio del Ambiente, el PM₁₀ en periodo anual se encuentra en el valor de 50 µg/m³, los resultados fueron monitoreados desde febrero de 2017 hasta agosto de 2018. De estos datos obtenidos, se puede deducir que los parámetros se encuentran dentro de los valores máximos permisibles, siendo el de mayor concentración el mes de noviembre de 2017 con un valor de 30.30 µg/m³, y un mínimo en el mes de enero de 2018 con una concentración de 5.70 µg/m³.

Análisis Estadístico:

- **Prueba de Normalidad de la Temperatura Ambiente (°C) del centro poblado de Champamarca (febrero 2017 - agosto 2018)**

Figura N° 10: Cuadro de Probabilidad de la Temperatura Ambiental (°C)



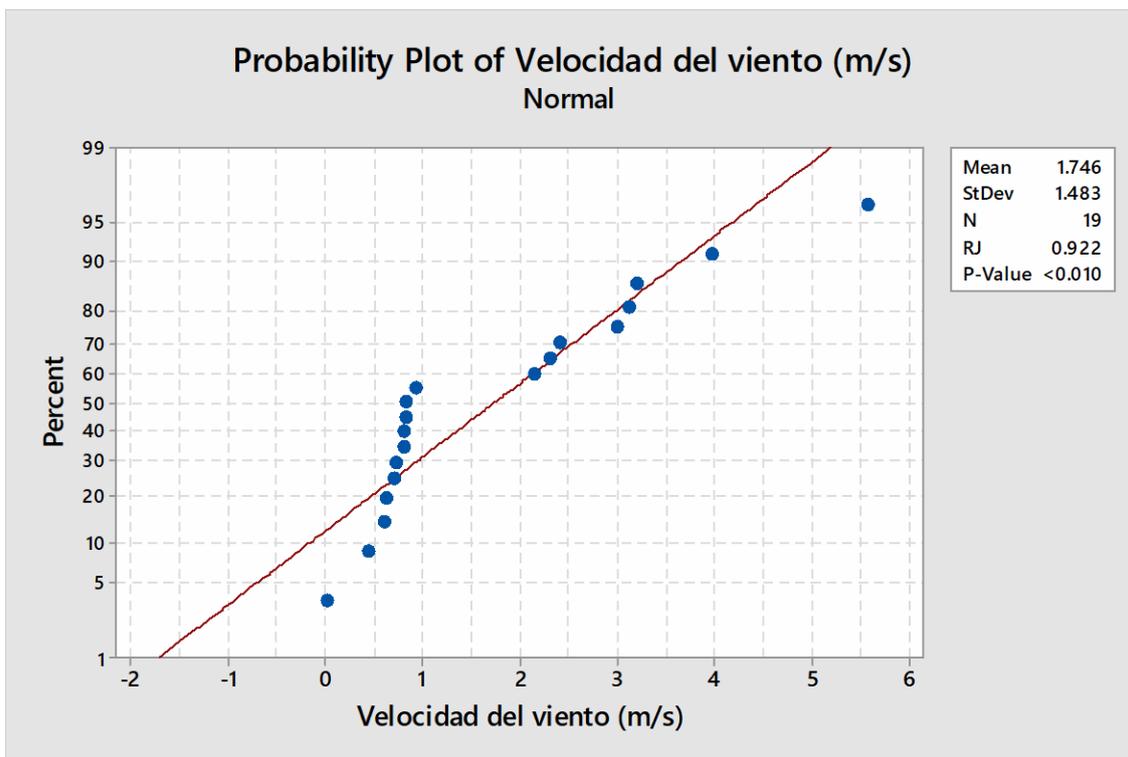
De los datos obtenidos de la figura podemos indicar que, el valor P es de <0.010 esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula, el cual indica que existe una relación directa entre el PM₁₀ con respecto a la temperatura en el centro poblado de Champamarca, 2018.

Asimismo, se observa que el Coeficiente de correlación (RJ) está cerca de 1, probablemente la población sea normal. Del Análisis de probabilidad, se obtuvo que el RJ es de 0.891, haciendo que nuestro resultado se acerca una población normal.

La Desviación Estándar (StDev) de la Temperatura del Ambiente es de 9.172, esto nos muestra que tan dispersos están los datos respecto a la media. Es decir, si la StDev es mayor, mayor será la dispersión de los datos. Y la media de la temperatura ambiente es de 9.172.

- **Prueba de Normalidad de la Velocidad del viento (m/s) del centro poblado de Champamarca (febrero 2017 - agosto 2018)**

Figura N° 11: Cuadro de Probabilidad de Velocidad del viento (m/s)



Fuente: Elaboración Propia

El valor P del cuadro de probabilidad de Velocidad del viento (m/s) es de <0.010 esto quiere decir que se rechaza la hipótesis nula, el indica que existe relación

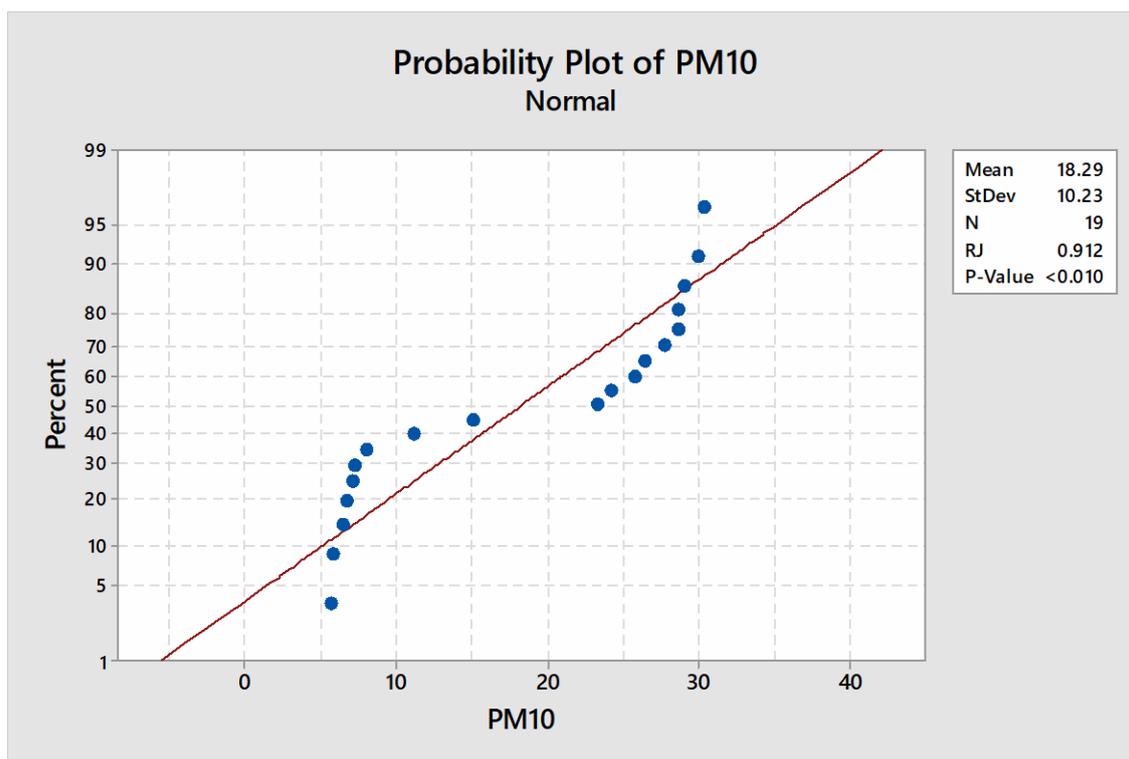
directa entre el PM_{10} con respecto al viento en el centro poblado de Champamarca., 2018.

El Coeficiente de correlación tiene el valor de 0.922, haciendo que este se acerque a una población normal.

La Desviación Estándar (StDev) de la Velocidad del viento es de 1.746, esto quiere decir que la dispersión es baja respecto a la media. Es decir, si la StDev es menor, menor será la dispersión de los datos. Por otra parte, se aprecia que la media es de 1.746.

- **Prueba de Normalidad del PM_{10} del centro poblado de Champamarca (febrero 2017 - agosto 2018)**

Figura N° 12: Cuadro de Probabilidad de PM_{10}



Fuente: Elaboración Propia

En el resultado se puede apreciar que el Valor P es de <0.010 el cual rechaza la hipótesis nula, el cual indica que existe relación directa entre el PM_{10} con respecto al viento en el centro poblado de Champamarca, 2018.

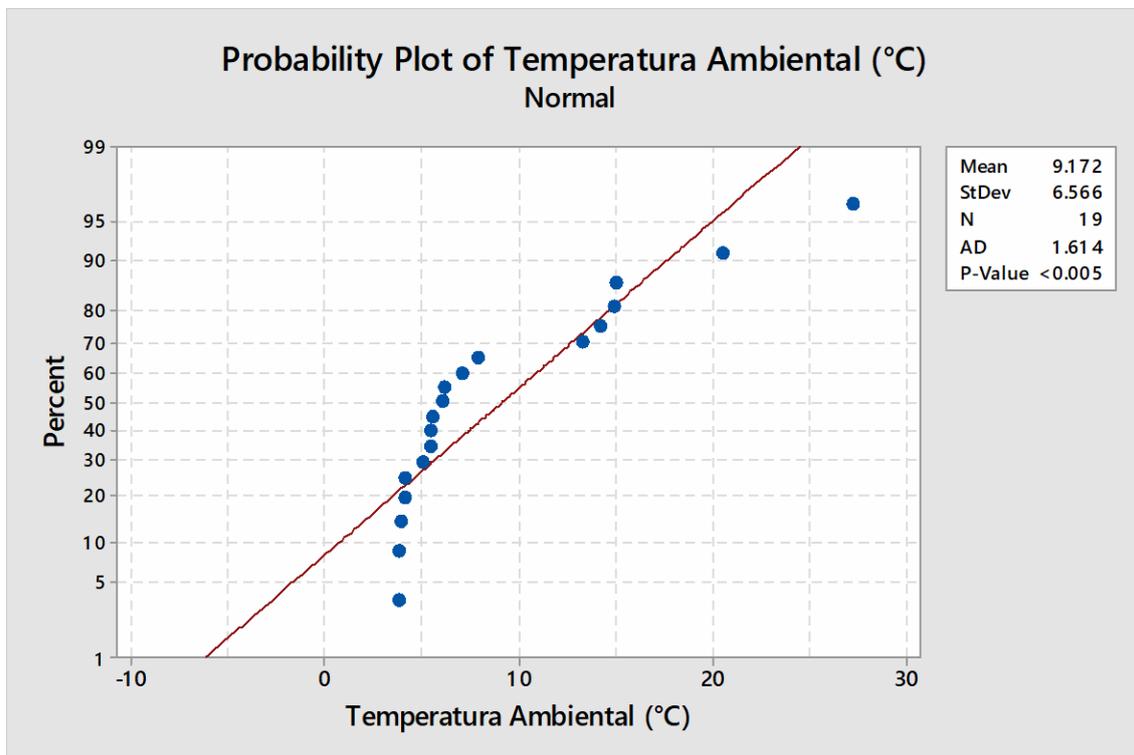
El Coeficiente de correlación muestra un valor de 0.912, haciendo que este se acerque a una población normal.

La Desviación Estándar (StDev) del PM_{10} es de 10.23, esto nos muestra que tan dispersos están los datos respecto a la media. Es decir, si la StDev es mayor, mayor será la dispersión de los datos. Por último, la media es el promedio de los datos, que es la suma de todas las observaciones divididas entre el número de observaciones, este arroja un valor de 18.29.

- **Prueba no Paramétrica**

De acuerdo a los gráficos observados, se determinó que los datos no son de una población normal, de acuerdo a ello se realizó el análisis en Prueba no paramétrica. En los siguientes cuadros se seleccionó la gráfica de Probabilidad, utilizando el Test de Normalidad aplicando Anderson – Darling (AD), el cual mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica.

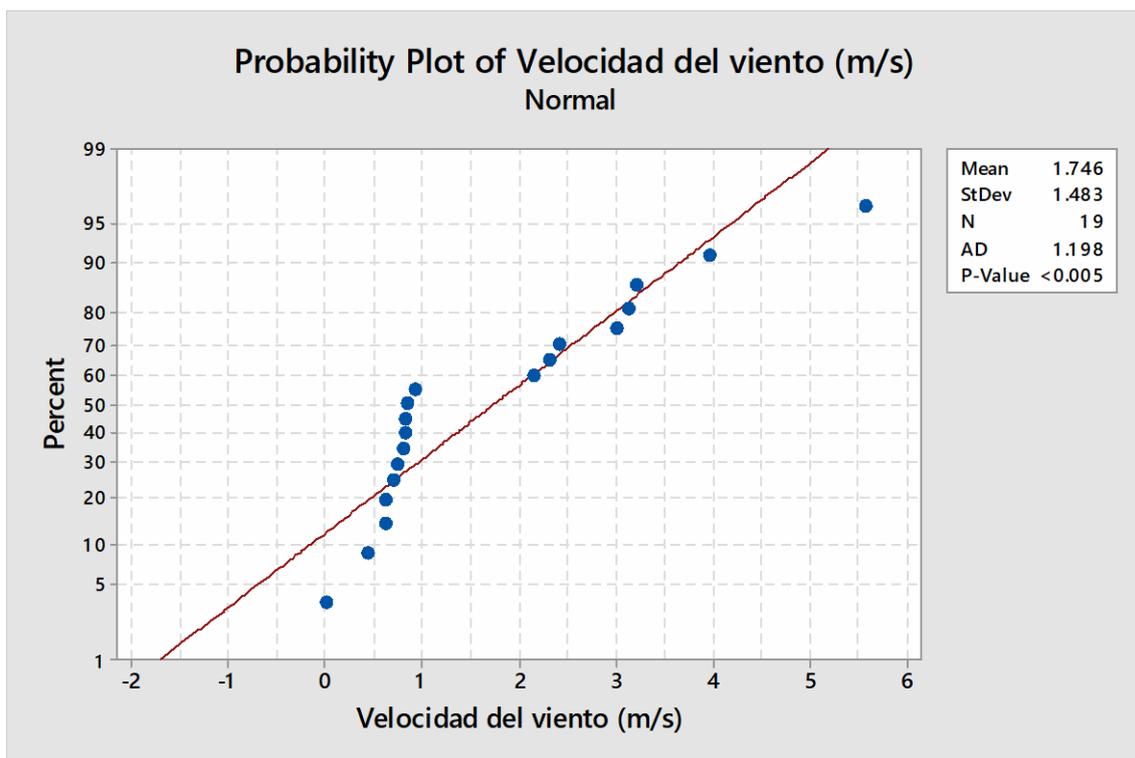
Figura N° 13: Diagrama de Probabilidad de la Temperatura Ambiente (°C)



Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el valor de Anderson – Darling (AD) es de 1.614 y el valor de P es de <0.005.

Figura N° 14: Diagrama de Probabilidad de la Velocidad del viento (m/s)

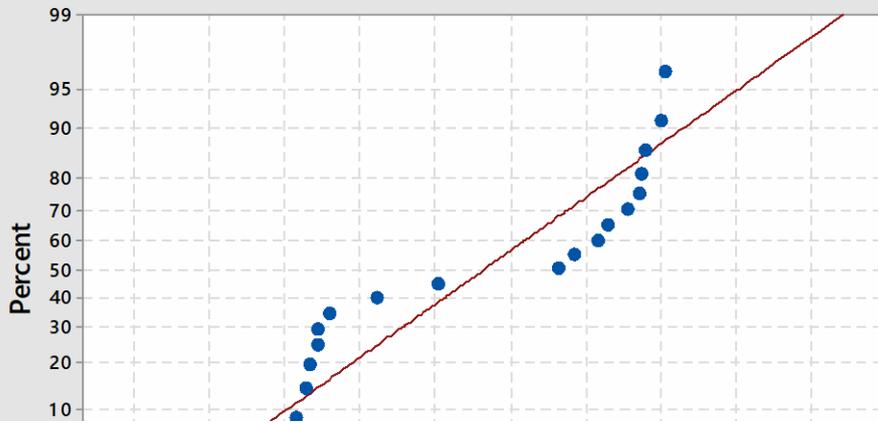


Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica proyectada nos arroja que el valor de AD es de 1.198, y el Valor P es < 0.005 .

Figura N° 15: Diagrama de Probabilidad de PM₁₀

Probability Plot of PM10 Normal



Mean	18.29
StDev	10.23
N	19
AD	1.501
P-Value	<0.005

Fuente: Elaboración Propia

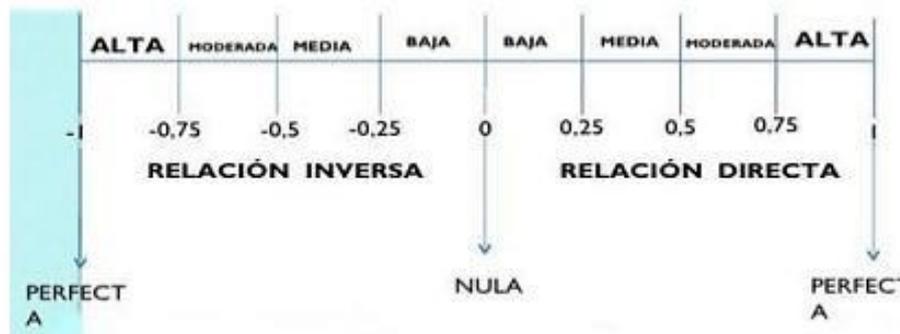
En esta última gráfica de probabilidad del PM₁₀ se puede observar que el valor de AD es de 1.501 y el valor de P es < 0.005.

En las tres gráficas mostradas se observó que el valor de AD es mayor y que por lo tanto la muestra no es normal. Sin embargo, el Valor de P es < 0.05 esto quiere decir que, la relación de las variables (PM₁₀ y factores climatológicos) presentan una relación inversa.

- **Spearman Rho**

El Coeficiente de Correlación de Spearman es la media de la correlación entre las variables.

Figura N° 16: Gráfica de valores de Rho Spearman



Fuente: DÍAZ, Ignacio. et al. Coeficiente de asociación de Pearson y Spearman SPSS, p. 12, 2014

Temperatura Ambiental (°C), PM10

Spearman rho for Temperatura Ambiental (°C) and PM10 = -0.416 P-Value = 0.076

Velocidad del viento (m/s), PM10

Spearman rho for Velocidad del viento (m/s) and PM10 = -0.332 P-Value = 0.166

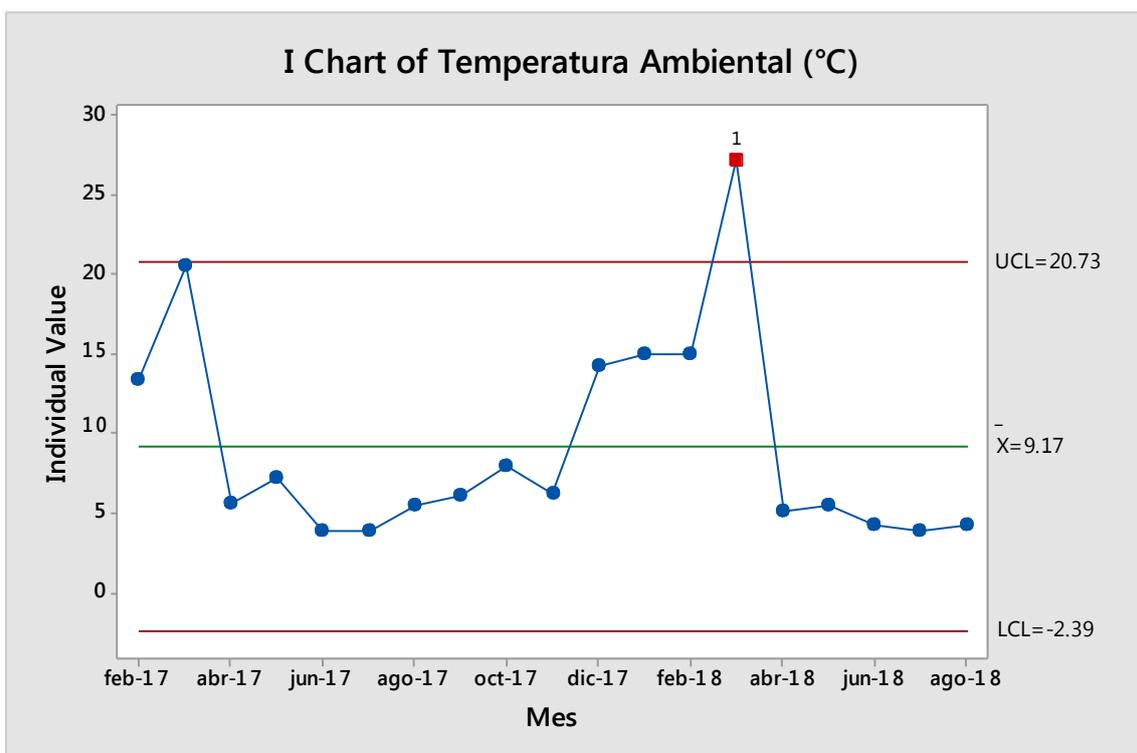
Se observa que el valor de Rho Spearman es negativo y que el valor de P es > 0.05 , por lo tanto, se concluye que existe una relación inversa media entre el PM10 y el los factores climatológicos (Temperatura y velocidad del viento).

- **Gráficos de Control**

En estas gráficas podremos observar el comportamiento de las variables sobre el tiempo. Mostrará también si está cambiando el proceso y en qué momento está sucediendo tal cambio.

Cualquier punto fuera del límite de control superior o inferior es señal de que el proceso se encuentra “fuera de control”.

Figura N° 17: Gráfica de Control de la Temperatura Ambiente (°C)

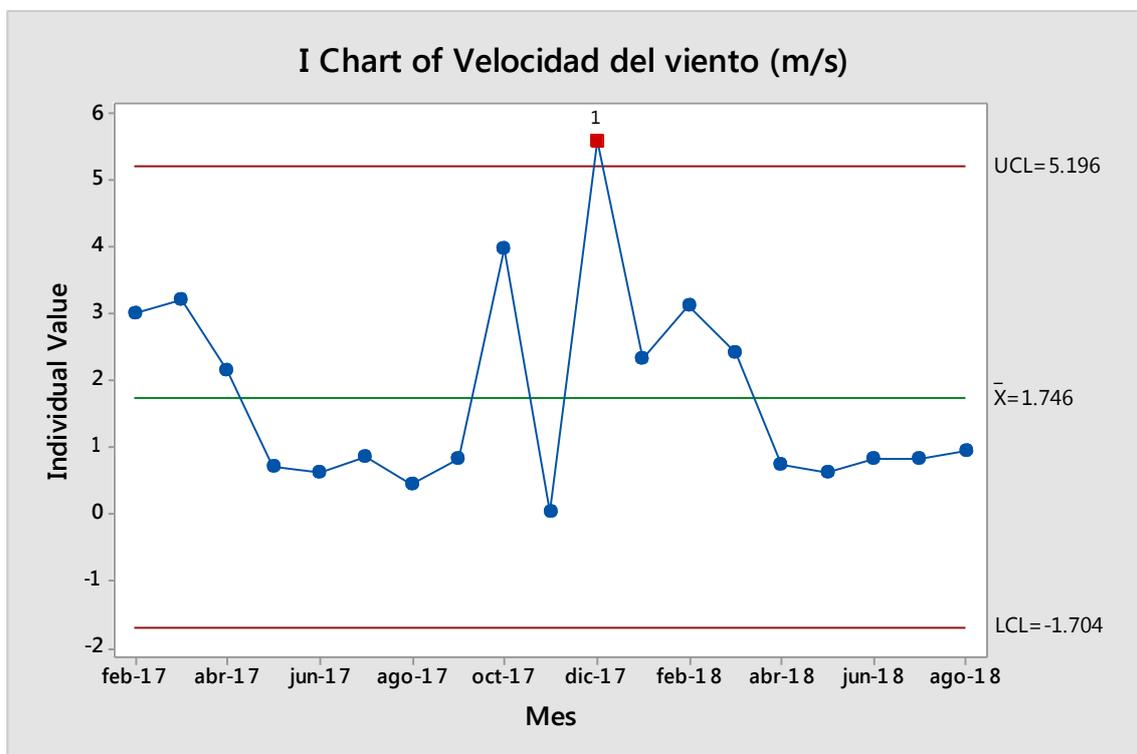


Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro de control respecto a la temperatura, se puede apreciar que hay una observación que está fuera del límite, esto quiere decir que la temperatura

está fuera de control. También se observa que hay altibajos que se repiten de manera regular para arriba y debajo de la línea central, podrían indicar factores como el cambio de estación del año.

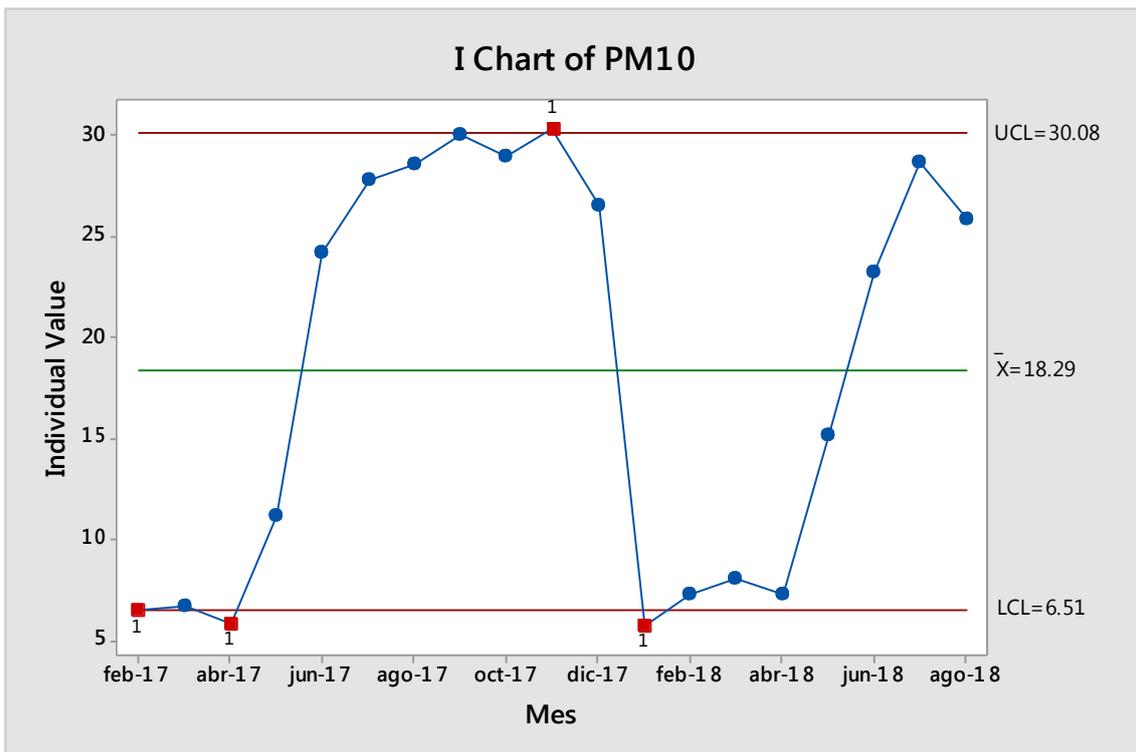
Figura N° 18: Gráfica de Control de la Velocidad del viento (m/s)



Fuente: Elaboración Propia

De igual forma, en la gráfica de control de la Velocidad del viento (m/s) hay una observación fuera del límite extremo superior, esto quiere decir que es el punto más alto de la velocidad del viento y que está fuera de control.

Figura N° 19: Gráfica de Control de la Material Particulado (PM10)



Fuente: Elaboración Propia

En la última gráfica de control respecto al PM₁₀ presenta observaciones fuera de los límites tanto inferior como superior. Se puede concluir que el PM₁₀ está fuera de control, ya que sobrepasa el límite de control.

IV. DISCUSIÓN

1. En el presente estudio de investigación se halló que las concentraciones de PM₁₀ en el periodo de monitoreo (febrero 2017 – agosto 2018) no exceden del Estándar de Calidad Ambiental de Aire el cual fue aprobado mediante el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Este indica que para el PM₁₀ el límite máximo es de 50 µg/m³ en periodo anual el cual no es superado por la estación ya se solo llegó hasta 30.30 µg/m³ en el mes de noviembre de 2017 siendo el rango más alto. A pesar, de que la estación Paragsha puede ser influenciada por el sector minero que lo rodea, no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones obtenidas.
2. Las concentraciones de PM₁₀ de acuerdo al mes presenta emisiones bajas entre los meses de febrero, marzo, abril y mayo del 2017, y de igual manera para el año 2018 coincidiendo con la temporada de precipitaciones el cual reduce el tamaño del material suspendido en el aire, llegando a concentraciones desde 5.70 µg/m³ hasta 11.28 µg/m³.
3. Por otra parte, se observa una relación inversa media entre la temperatura y PM₁₀, así como también en la velocidad del viento y el PM₁₀. Debido a que los valores de Rho Spearman arrojan negativos.
4. Una de las principales debilidades es el tiempo de medición, el cual es de diecinueve (19) meses. Es recomendable contar con datos de monitoreo de cinco (5) años aproximadamente para obtener datos más precisos y exactos.
5. Por último, la mayor fortaleza del estudio es la metodología que se ha utilizado y en las conclusiones desarrolladas a partir de la dificultad que se obtuvo de conseguir los datos de muestreados. De acuerdo a los trabajos previos estudiados, se observó diferentes enfoques metodológicos y diversas técnicas de análisis han dificultado la comparabilidad directa entre sus resultados obtenidos, el cual no les ha permitido obtener conclusiones claras.

6. La estrategia de análisis usada en la presente investigación fueron las series de tiempo el cual nos ayudó analizar el comportamiento de las variables; luego la prueba de normalidad que de acuerdo a los resultados indicaron que los datos obtenidos no muestran una población normal. Por ello, pasamos a una prueba no paramétrica aplicando el Rho Spearman y el coeficiente de Anderson-Darling, los cuales contrastaron que los resultados muestran una relación inversa media de acuerdo a los valores obtenidos. Y para reforzar el análisis se desarrolló los gráficos de control, las cuales mostraron el comportamiento de las variables sobre el tiempo e indicaron que, si existe fuera de control, ya que sobre pasan los límites inferiores y superiores.

V. CONCLUSIONES

1. A través de los resultados de la prueba no paramétrica se determinó que existe una relación inversa entre los factores climatológicos antes la contaminación atmosférica en el centro poblado de Champamarca.
2. Del análisis de Rho Spearman entre Temperatura Ambiente y PM_{10} arrojó el valor -0.416 y el Valor P de 0.076 , en el cual se observa un comportamiento inverso entre ambas variables. Este comportamiento se debe que en la estación Paragsha del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) se está alejando del promedio de monitoreo con las que se validó la información, es por ello que es recomendable examinar los sensores de la temperatura.
3. De igual manera, el análisis de Rho Spearman dio valor de -0.332 en relación a la Velocidad del viento y el PM_{10} , del mismo modo presenta un comportamiento inverso de las dos variables. Es importante recalcar la dirección del viento para obtener un resultado más preciso, es por este motivo que se cree que la relación no es tan fuerte como se esperaba.

VI. RECOMENDACIONES

1. De los resultados obtenidos se observa que las relaciones entre el PM_{10} y los factores climáticos (temperatura y velocidad del viento) presenta relación inversa. Por otra parte, se tiene en claro que las herramientas estadísticas que se empleó son básicas, es por ello que se recomienda realizar un estudio más exacto para definir con exactitud la relación, se puede realizar con Software más avanzadas.
2. La validación de los datos fue un proceso llevado bajo la supervisión del personal de monitoreo de la estación Paragsha, quienes son conocedores del clima de la localidad. Es importante mencionar que este proceso de validación además de una evaluación de expertos que se respalde por un proceso sistemático.
3. El modelo que se ha propuesto en el presente trabajo de investigación, solo explica este procedimiento para llevar a cabo este problema estadístico, es por ello que es necesario el fortalecimiento con variables que posean una asociación más fuerte que las obtenidas.
4. Es importante obtener datos históricos de más de 5 años aproximadamente para el fortalecimiento entre las variables, para que las variables a estudiar sean datos más precisos.

VII. REFERENCIAS

1. URREGO Sierra, Magda. Establecer la asociación existente entre las variables meteorológicas temperatura, velocidad del viento y precipitación y las concentraciones de PM10 registradas en la red de calidad del aire de Bogotá D.C. Tesis [Ingeniera Ambiental]. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. 2006.
2. Salud de Madrid. Variables meteorológicas y salud. [en línea]. 2006. Madrid: Documentos de Sanidad Ambiental. [fecha en consulta: 3 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM009145.pdf>
3. AGUILAR, Luis. Variación temporal de las concentraciones del PM10 y su interacción con los factores meteorológicos en el distrito de ate en el periodo 2010-2014. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva. 2015. [en línea] [fecha de consulta: 03 de julio de 2018]. Disponible en: https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/EVOLUCION%20TEMPORAL%20DE%20LAS%20CONCENTRACIONES%20DEL%20PM10%20Y%20SU%20INTERACCION%20CON%20LOS%20FACTORES%20METEOROLOGICOS%20EN%20EL%20DISTRITO%20DE%20ATE%20EN%20EL%20PERIODO%202010-2014.pdf
4. ARCÓN, Jean y LÓPEZ, Tania. Simulación de la dispersión de la fracción respirable PM10 mediante ISCST3 en las actividades mineras de la cantera ubicada en el Km 5 autopista Barranquilla – Puerto Colombia. Tesis [Ingeniero Ambiental]. Barranquilla: Universidad de la Costa CUC, Facultad de Ciencias Ambientales. 2016
5. ARRIETA, Álvaro. Dispersión de material particulado (PM10) con interrelación de factores meteorológicos y topográficos. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo. Colombia [En línea]. Vol. 16, N° 2. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096112>
ISSN Impreso: 1900-771X
ISSN On line: 2422-4324
6. BALLESTER, Ferran. Contaminación atmosférica, cambio climático y salud. Rev. Esp. Salud Pública [online]. 2005, vol.79, n.2 [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2018], pp. 159-175. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005&lng=es&nrm=iso%3E.%20ISSN%201135-5727
Versión On-line ISSN: 2173-9110

<

7. BRIONES, Esther y MALAVER, Catalina. Concentración de material particulado PM10 y PM2.5 en la cuenca atmosférica de Cajamarca durante los años 2014 y 2015. Tesis [Ingeniero Ambiental]. Cajamarca: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental.
8. CABRERA, Gabriela. Estadística Aplicada a un problema de selección de grupo de trabajo, para desarrollos de innovación tecnológica. Tesis [Tesis de Magister]. Lima: Universidad Nacional de Córdoba. 2015, 193 pp.
9. CAMPO, Alicia; FERNÁNDEZ, María y GENTELO, Jorge. Variabilidad temporal del PM₁₀ en Bahía Blanca (Argentina) y su relación con variables climáticas [en línea] Abril, Agosto 2017 [Fecha en consulta: 3 de diciembre de 2018]. Disponible en: <http://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5084>
10. CARABALLO, Ana. Impactos sociales y ambientales generados por la operación del relleno Sanitario de Tunja sobre el Municipio de Oicata-Boyacá. Tesis [Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente]. Manizales: Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.
11. Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú, por Luis Suárez-Sala [et al]. Revista Soc. Quím. Perú. [en línea]. Vol.83, N° 2, junio 2017. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X2017000200005
ISSN: 1810-634X
12. CARMONA, Mariana y CARRIÓN, Hanne. Potencia de la prueba estadística de normalidad Jarque-Bera frente a las pruebas de Anderson-Darling, Jarque-Bera Robusta, Chi-Cuadrada, Chen-Shapiro y Shapiro-Wilk. Tesis [Licenciado en Actuaría]. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Economía. 2015
13. CERDA, ARCADIO A y GARCIA, LEIDY Y. Contaminación del aire en la Florida (Talca, Chile): Beneficios económicos en salud por la reducción de

los niveles PM10. Rev. méd. Chile [online]. 2010, vol.138, n.11 [Fecha de consulta: 22 de setiembre de 2018], pp. 1395-1402. SSN 0034-9887. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872010001200008&lng=es&nrm=iso
ISSN: 0034-9887

14. CUADRAT, José y PITA Fernanda M. Climatología. 6ta. España- Madrid: Grupo Anaya S. A, 2011. pp 23 -24
ISBN: 978-84-376-1531-8
15. Compañía Peruana de estudios de mercados y opinión pública S.A.C. Perú: Población 2017. Lima: 2018
16. DE LA PAZ CORTÉS Araujo, Johana. Evaluación de la contaminación atmosférica en el aire ambiente de Manizales por COPS y PM10. Tesis [Magister en Ingeniería Química]. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. 2013.
17. Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. Lima: 2005
18. Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. Informe N° 1595-2017-DCOVI/DIGESA. Resultados del muestreo de la calidad del agua para consumo humano, aire y suelos en los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar, con extensión al distrito de Yanacancha, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco, Agosto 2017.
19. Empresa Administradora Cerro S.A.C. Ampliación de las plantas concentradoras Paragsha – San Expedito. Informe de Monitoreo de Calidad de Aire del Primer trimestre 2017 U.M. “Cerro de Pasco”.
20. Empresa Administradora Cerro S.A.C. Ampliación de las plantas concentradoras Paragsha – San Expedito. Informe de Monitoreo de Calidad de Aire del Segundo trimestre 2017 U.M. “Cerro de Pasco”.
21. Empresa Administradora Cerro S.A.C. Ampliación de las plantas concentradoras Paragsha – San Expedito. Informe de Monitoreo de Calidad de Aire del Tercer trimestre 2017 U.M. “Cerro de Pasco”.
22. Empresa Administradora Cerro S.A.C. Ampliación de las plantas concentradoras Paragsha – San Expedito. Informe de Monitoreo de Calidad de Aire del Primer trimestre 2018 U.M. “Cerro de Pasco”.

23. Empresa Administradora Cerro S.A.C. Ampliación de las plantas concentradoras Paragsha – San Expedito. Informe de Monitoreo de Calidad de Aire del Segundo trimestre 2018 U.M. “Cerro de Pasco”.
24. Empresa Administradora Cerro S.A.C. Ampliación de las plantas concentradoras Paragsha – San Expedito. Informe de Monitoreo de Calidad de Aire del Tercer trimestre 2018 U.M. “Cerro de Pasco”.
25. GARREAUD, René y RUTLLANT. Factores Meteorológicos de la Contaminación Atmosférica en Santiago. [Fecha en consulta: 5 de diciembre de 2018]. Capítulo 2 en Episodios críticos de contaminación atmosférica en Santiago de Chile. Disponible en: dgf.uchile.cl/rene/PUBS/Libro_CA.pdf
26. GÓMEZ, Rosa, FILIGRANA, Paola y MÉNDEZ, Fabián. Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. [En línea]. Julio 2008, vol. 36, N° 3. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://colombiamedica.univalle.edu.co/index.php/comedica/article/view/592/894>
27. GONZALES Ortiz y TORRES Mosquera, Christian. Incidencia de las variables meteorológicas en el comportamiento de la concentración de PM10 y NOx. Tesis [Ingeniero en Saneamiento Ambiental]. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015.
28. GONZALES, Miguel y TORRES, Christian. Incidencia de las variables meteorológicas en el comportamiento de la concentración de PM10 y NOx. Tesis [Título de Tecnólogo en Saneamiento Ambiental]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tecnología en Saneamiento Ambiental. 2015.
29. Guía de Asociación entre variables (Pearson y Spearman en SPSS), au ayudantía estadística I 2014 [en línea]. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Sociales (FACSO). [Fecha en consulta: 3 de diciembre de 2018]. Disponible en: https://www.u-cursos.cl/facso/2014/2/SO01007/1/material_docente/bajar?id
30. HERNÁNDEZ, Liliana. Efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre las consultas a urgencias por enfermedades respiratorias en menores de 15 años y mayores de 60 años y mortalidad general en Cali, durante 2010 y 21011. Tesis [Magister en Epidemiología]. Santiago de

Cali: Universidad del Valle, Facultad de Salud – Escuela de Salud Pública.
2011

31. Revista Peruana de Medicina Exp. Salud Pública. 2009; 26(1): 15-19
32. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Crecimiento y distribución de la población, 2017. Lima: 2018
33. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México. Fuentes de Contaminación del Aire. [en línea] 12 mayo del 2014 [fecha de consulta: 12 de octubre 2018]. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/calaire-informacion-basica/537-calair-fuentes>
34. Investigación de Aprendizaje GLOBE. Investigación de la Atmósfera. [En línea] [Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2018]. Disponible en: https://www.globe.gov/documents/10157/381040/atmo_chap_es.pdf
35. Minitab® 17. Introducción a Minitab 17. Minitab Inc. [Fecha en consulta: 3 de diciembre de 2018]. [En línea]. Disponible en: https://www.minitab.com/uploadedFiles/Documents/getting-started/Minitab17_GettingStarted-es-es.pdf
36. Ministerio del Ambiente. Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013 – 2014. Lima: Ministerio del Ambiente.
37. Ministerio del Ambiente. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Lima: 2017
38. MORENO, Milagros. Aplicación de la Metodología Six Sigma para incrementar la productividad en el área de Pulido en la empresa manufacturas Andina Metales S.A.C., Ate Vitarte, 2017. Tesis [Ingeniero Ambiental], Lima: Universidad Cesar Vallejo, Ingeniería Industrial. 2017, 89 pp.
39. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Informe N° 264-2018-OEFA/DEAM-STEC. Vigilancia ambiental de la calidad del aire realizada en el centro poblado de Champamarca, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, el 16, 17, 18, 19, 20, 23 y 24 de julio de 2018.
40. Organización Mundial de la Salud. Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno, y el dióxido de azufre. Suiza: Ediciones de la OMS. 2006. [en línea] [Fecha en consulta: 30 de junio de 2018]. Disponible en:

<http://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-calidad-aire-oms-relativas-material-particulado-ozono-dioxido>

41. Organización Mundial de la Salud. Salud y medio ambiente – impacto sanitario de la contaminación del aire. Revista peruana de Biología [En línea]. Mayo 2014. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. Disponible en: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB135/B135_4-sp.pdf
42. OUDWATER, Suzanne. Modeling of dust emission in dimension stone quarry. Thesis [Master's Thesis]. Finlandia: Aalto University, School of Engineering. 2017.
43. Procesamiento Estadístico de datos con Minitab y Harvard Graphics por Ángeles Julio [et al.]. Lima: Universidad del Pacífico, 1995. 166 pp.
44. RAMOS. S., BAUTISTA, R. Y VALDEZ, A. Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de Chiapas, México. División Académica de ciencias Biológicas. [en línea]. Vol. 26. N°1, abril 2010. [fecha en consulta: 9 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a5.pdf>
ISSN: 0186-2979
45. REMEDIOS, Pedreño. Mediación Ambiental, Recursos y experiencias. Madrid: Editorial Dykinson. 2014.
ISBN: 978-84-9031-999-4
46. RODRIGUEZ, Rosa, BENITO, Agueda y PORTELA, Adelaida. Meteorología y Climatología. Madrid: España. Fundación Española para la Ciencia y Tecnología. 2004
ISBN: 84-688-8535-5
47. ROMERO, Manuel, OLITE, Francisco Y ÁLVAREZ, Mireya. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Habana. [En línea]. Mayo 2016, Vol.44, N° 2. [Fecha de consulta: 27 de octubre de 2018]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032006000200008
Versión On-line ISSN: 1561-3003
48. SALINI, Giovanni. Estudio acerca del material particulado emitido en ciudades de tamaño medio al Sur de Santiago de Chile. Revista INGE CUC [En línea]. Julio 2013, vol.10, N° 1 [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/ingecuc/article/view/349>

49. SENAMHI. Boletín Vigilancia de la Calidad de Aire en la Zona Metropolitana de Lima y Callao. 2016. [Fecha de consulta: 5 de octubre del 2018]. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0701>
50. SENAMHI. Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana, 2011. [En Línea]. Ministerio del Ambiente. [Fecha de consulta: 26 de setiembre del 2018]. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/usr/dgia/pdf_dgia_eval2011.pdf
51. SENAMHI. Guía Básica de Meteorología General, 2001 [en línea] Ministerio del Ambiente. [Fecha en consulta: 28 de setiembre de 2018]. Disponible en: <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/SENAMHI/Guia%20Basica%20de%20Meteorología%2General%20.pdf>
52. SENAMHI. Guía Básica de Meteorología General. 2001. [en línea]. Ministerio del Ambiente. [Fecha de consulta: 25 de setiembre del 2018]. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=1003>
53. VARA, María. Contaminación atmosférica con material particulado en la Ciudad del Cusco y su comportamiento – 2016. Tesis [Título en Ciencias y Tecnologías Medio Ambientales]. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Escuela de Posgrado, Facultad de Ciencias Naturales y Formales. 2017.

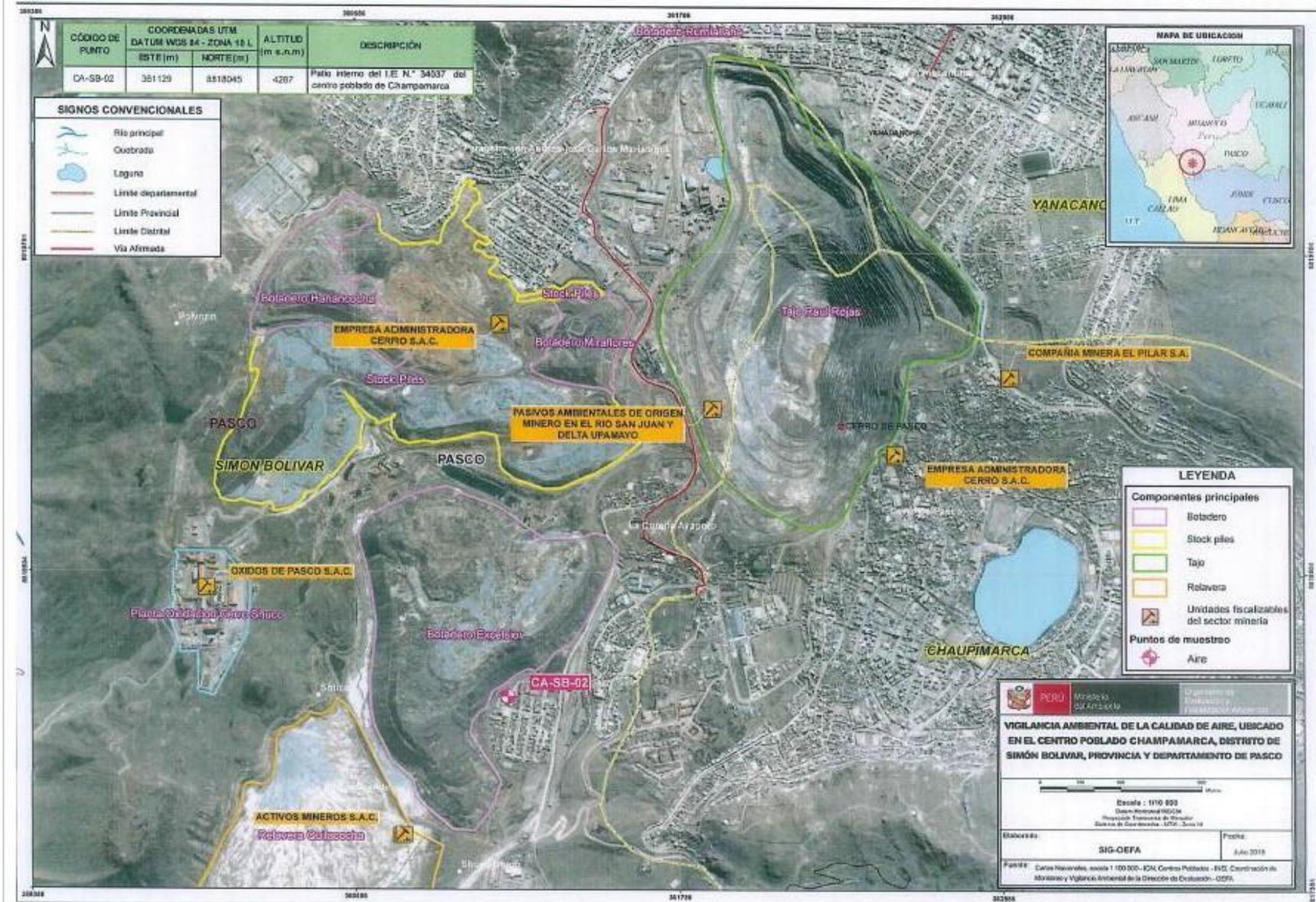
ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla 1 Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA										
Contaminación atmosférica por material particulado y su relación con variables meteorológicas en el Centro poblado de Champamarca, Cerro de Pasco.										
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Instrumento	ESCALA DE MEDIDA
GENERAL	¿Cuál es la relación del PM10 con respecto a las variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018?	Determinar la relación de las variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018.	El PM10 tiene relación significativa respecto a las variables climatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018	Material Particulado	Es la mezcla de partículas sólidas y líquidas en el aire, que varían en número, tamaño, forma, superficie, composición química, solubilidad y origen" (JIMÉNEZ, Liliana, p. 27, 2011).	Para obtener el material particulado utilizaron el equipo Hi-Vol. Se obtuvo los datos a través del "Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos" elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) en el 2005	Estados de Calidad de Aire - PM10	Estado Bueno	ECA de Aire-DECRETO SUPREMO Nº 003-2017-MINAM	>250 µg/m3 Promedio aritmético 24 horas
								Estado Moderado		>350 µg/m3 Promedio aritmético 24 horas
								Estado Malo		>420 µg/m3 Promedio aritmético 24 horas
							PM10	Concentración Máxima y Mínima	High-Vol	µg/m3
ESPECÍFICO	¿Cuál es la relación del PM10 con respecto a la temperatura en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018?	Determinar la relación entre el PM10 con respecto a la temperatura en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018?	Existe una relación directa entre el PM10 con respecto a la temperatura en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018?	Factores Climatológicas	López y Pacheco (2015), indican que, "los factores climatológicos es la suma de distintos estímulos atmosféricos, sin contar que estos varían de un día para otro, y que los valores medios y sus desviaciones disimulan a corto plazo y a los valores extremos. Asimismo, estos pueden variar de un lugar a otro o incluso en los dos lados opuestos" (p. 36)	Los datos fueron obtenidos a través del acceso de Información del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), quienes poseen su centro de monitoreo Paragsha en el centro poblado de Champamarca, Pasco.	Temperatura	Temperatura Máxima	Termómetro	°C (Celsius)
	¿Cuál es la relación del PM10 con respecto a la Velocidad del viento en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018?	Determinar la relación entre el PM10 con respecto a la Velocidad del viento en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018?	Existe una relación directa entre el PM10 con respecto a la Velocidad del viento en el Centro poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018?					Viento		

Anexo 2: Mapa de Ubicación de estación de Vigilancia Ambiental CA-SB-02



Anexo 3: Resultados de Monitoreo (febrero 2017 – agosto 2018)

Anexo 3: Datos de Monitoreo de la estación Paragsha (febrero 2017 – agosto 2018)

Año	Mes	Temperatura Ambiental (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento (m/s)	Presión Atmosférica (mmHg)	PM10
2017	Febrero	13.30	92.80	3.00	N	458.00	6.45
	Marzo	20.50	88.60	3.21	E	458.3	6.70
	Abril	5.63	100.16	2.16	SE	459.31	5.80
	Mayo	7.13	100.33	0.71	SE	458.51	11.18
	Junio	3.91	78.40	0.62	E	456.55	24.20
	Julio	3.90	76.96	0.84	E	458.42	27.80
	Agosto	5.44	76.34	0.44	S	457.65	28.60
	Septiembre	6.12	79.08	0.83	NE	460.97	30.00
	Octubre	7.93	80.84	3.97	NE	459.96	29.00
	Noviembre	6.17	75.95	0.02	N	459.32	30.30
	Diciembre	14.24	73.45	5.58	NE	459.27	26.50
2018	Enero	15.00	100.00	2.32	N	459.1	5.70
	Febrero	14.90	100.00	3.13	S	459.5	7.22
	Marzo	27.20	100.00	2.41	NW	459.4	8.00
	Abril	5.10	79.00	0.74	E	458.6	7.20
	Mayo	5.50	79.20	0.63	E	458.6	15.16
	Junio	4.20	74.80	0.82	S	458.6	23.25
	Julio	3.90	73.30	0.81	NE	458.4	28.70
	Agosto	4.20	76.40	0.93	NE	458.5	25.80

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ⁽¹⁾
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ⁽²⁾	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

⁽¹⁾ o método equivalente aprobado.

⁽²⁾ El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo, **Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este, revisor de la tesis titulada

“Contaminación atmosférica por PM_{10} y su relación con variables Climatológicas en el Centro Poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018.”

del (de la) estudiante **Angel Vasquez del Castillo**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha **10 de diciembre de 2018**


Firma

Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales

DNI: 40323063

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Contaminación atmosférica por PM_{10} y su relación con variables
limatológicas en el Centro poblado de Champamarca, departamento de
Pasco, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Vásquez Del Castillo, Ángel





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mg. Fernando Antonio Sernaqué Aucchuasi

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Vasquez Del Castillo, Angel Luis

INFORME TÍTULADO:

Contaminación atmosférica por PM₁₀ y su relación con las variables climatológicas en el Centro Poblado de Champamarca, departamento de Pasco, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 10/12/2018

NOTA O MENCIÓN: TRECE (13)

MG. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI