

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE POLVO  
ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE EN EL ÁREA DE  
INFLUENCIA DIRECTA DE LA ZONA INDUSTRIAL DEL  
CERCADO DE TACNA 2020”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

BACH. MÉNDEZ FIGUEROA, ANDREA ALEXANDRA  
BACH. MORÁN AMASIFUÉN, VICTOR JOSÉ ALFREDO

TACNA - PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**Tesis**

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE POLVO  
ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE EN EL ÁREA DE  
INFLUENCIA DIRECTA DE LA ZONA INDUSTRIAL DEL  
CERCADO DE TACNA 2020”**

**Tesis sustentada y aprobada el 15 de enero de 2020; estando el jurado calificador integrado por:**

**PRESIDENTE:**

\_\_\_\_\_

**Dr. Oscar Segundo Angulo Salas**

**SECRETARIO:**

\_\_\_\_\_

**Dr. Richard Sabino Lazo Ramos**

**VOCAL:**

\_\_\_\_\_

**Dr. Williams Almanza Quispe**

**ASESORA:**

\_\_\_\_\_

**Mtra. Milagros Herrera Rejas**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo ANDREA ALEXANDRA MÉNDEZ FIGUEROA, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 71937202

### **Declaro bajo juramento que:**

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:

“Evaluación de la concentración de Polvo Atmosférico sedimentable en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna 2020”

la misma que presento para optar el: **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 15 de enero de 2021.

A handwritten signature in purple ink, consisting of a large, stylized initial 'L' followed by the name 'Andrea' and the initials 'M. F.' written in a cursive script.

---

Bach. Andrea Alexandra Méndez Figueroa  
DNI 71937202

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo VICTOR JOSÉ ALFREDO MORÁN AMASIFUÉN, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado(a) con DNI 72258060

### **Declaro bajo juramento que:**

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:

“Evaluación de la concentración de Polvo Atmosférico sedimentable en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna 2020”

la misma que presento para optar el: **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 15 de enero de 2021.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

---

Bach. Victor José Alfredo Morán Amasifuén  
DNI 72258060

## **DEDICATORIA**

A mi madre, que fue, es y será mi mayor motivo de superación. A mi abuelo Carmelo por siempre confiar en mí. A mis tíos Rudie y Roxana que desde pequeña fueron testigos de todos mis logros. Y a todas las personas que de alguna u otra forma nos apoyaron en la realización de este proyecto.

***Andrea Alexandra Méndez Figueroa***

A Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida. A mi madre y hermana que son mi más grande motivación para seguir a pesar de las adversidades y que gracias a ellas soy lo que he llegado a ser hoy en día. A mi padre que a pesar de la distancia y las dificultades siempre está presente y pendiente de mi bienestar y a todos los docentes y profesionales que nos ayudaron para que este proyecto se haya podido realizar.

***Victor José Alfredo Morán Amasifuén***

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial a la Ing. Milagros Herrera que por medio de su asesoría, preocupación y seguimiento esta tesis se haya podido realizar.

A la Ing. Carmen Román, Ing. José Dapozzo, Ing. Alejandro Monroy, que fueron los docentes que nos dieron el apoyo y soporte durante la etapa de desarrollo de esta investigación ya sea en laboratorio, con los programas de modelamiento y elaboración de mapas, entre otras cosas.

A las personas y empresas las cuales nos permitieron y brindaron el acceso a los establecimientos y domicilios para poder desarrollar el monitoreo a pesar de las circunstancias actuales que estamos pasando a causa de la COVID – 19.

A nuestra casa de estudios la cual nos albergó durante 10 ciclos educativos y nos brindó los conocimientos esenciales y de calidad para formarnos como futuros y correctos profesionales que esta sociedad necesita para el desarrollo del país.

## CONTENIDO

<b>PÁGINA DE JURADOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD</b> .....	<b>II</b>
<b>DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD</b> .....	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.4. OBJETIVOS .....	20
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	20
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	20
1.5. HIPÓTESIS .....	20
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>21</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	21
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales</i> .....	21
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i> .....	22
2.1.3. <i>Antecedentes locales</i> .....	23
2.2. BASES TEÓRICAS .....	24
2.2.1. <i>Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable</i> .....	24
2.2.2. <i>Humedad Relativa</i> .....	25
2.2.3. <i>Temperatura</i> .....	28
2.2.4. <i>Velocidad y Dirección del viento</i> .....	33
2.2.5. <i>Tiempo</i> .....	35
2.2.6. <i>Contaminantes y su efecto sobre la salud</i> .....	35
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	36
2.3.1. <i>Absorción</i> .....	36
2.3.2. <i>Aire</i> .....	37
2.3.3. <i>Contaminación</i> .....	37
2.3.4. <i>Estación de Monitoreo</i> .....	37

2.3.5. Estaciones de Muestreo .....	37
2.3.6. Monitoreo .....	37
2.3.7. Organización Mundial de la Salud .....	38
2.3.8. Partículas Sedimentables .....	38
2.3.9. Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) .....	38
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>39</b>
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.1.1. Tipo de investigación.....	39
3.1.2. Diseño de la investigación.....	39
3.2. ACCIONES Y ACTIVIDADES .....	40
3.2.1. Ubicación de la zona de estudio.....	40
3.2.2. Identificación de puntos de muestreo .....	41
3.2.3. Determinación de la concentración de PAS .....	43
3.2.4. Elaboración de un mapa de dispersión del PAS en la zona de estudio.....	44
3.3. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS .....	45
3.4. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO .....	46
3.4.1. Población de estudio .....	46
3.4.2. Tamaño de la muestra .....	46
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	47
3.5.1. Técnicas de procesamiento de información .....	47
Fuentes Primarias:.....	47
Fuentes Secundarias:.....	48
3.5.2. Análisis de datos para Partículas Atmosféricas Sedimentables (PAS).....	48
3.5.3. Generación de la Rosa de viento .....	49
3.5.4. Contraste de hipótesis general .....	52
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>54</b>
4.1 TABLA DE CONTROL DE PESOS Y GRÁFICOS .....	54
4.2. HUMEDAD RELATIVA .....	56
4.3 TEMPERATURAS.....	57
4.4. PRECIPITACIÓN .....	59
4.5. GENERACIÓN DE LA ROSA DE VIENTO .....	61
4.6. MODELAMIENTO GEOESTADÍSTICO.....	63
Identificación de puntos críticos de la zona de estudio de mayor a menor concentración de PAS correspondientes al mes de setiembre. ....	65
Identificación de puntos críticos de la zona de estudio de mayor a menor concentración de PAS correspondientes al mes de octubre. ....	66

<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN</b> .....	<b>67</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>72</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>78</b>
ANEXO 1 – FORMATO 1.....	78
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE POR MÉTODO PASIVO PLACAS RECEPTORAS .....	78
ANEXO 2 – FORMATO 2.....	79
<i>MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE POR MÉTODO PASIVO</i> .....	79
ANEXO 3 – MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	80
ANEXO 4 – PANEL FOTOGRÁFICO.....	83
<i>CAMPO – Identificación de la zona de estudio</i> .....	83
<i>Fotografía 1. Identificación de posibles puntos de monitoreo de acuerdo a la</i> <i>accesibilidad.</i> .....	83
<i>Fotografía 2. Entrega de permisos en los establecimientos, empresas, industrias y</i> <i>viviendas.</i> .....	83
<i>CAMPO – Toma de coordenadas y registro de ocurrencias</i> .....	84
<i>Fotografía 3. Toma de coordenadas.</i> .....	84
<i>Fotografía 4. Identificación de ocurrencias a los alrededores.</i> .....	84
<i>Fotografía 5. Toma de coordenadas del Consorcio Industrial Pesquero.</i> .....	85
<i>Fotografía 6. Identificación de ocurrencias a los alrededores del Estadio de Pocollay.</i> .....	85
<i>Fotografía 7. Toma de coordenadas in situ luego de la instalación de la caseta en el</i> <i>Estadio de Pocollay.</i> .....	86
<i>Fotografía 8. Identificación de ocurrencias.</i> .....	86
<i>Fotografía 9. Toma de coordenadas.</i> .....	87
<i>CAMPO – Muestreo partículas atmosféricas sedimentables</i> .....	87
<i>Fotografía 10. Inicio del periodo de muestreo</i> .....	87
<i>Fotografía 11. Cambio de placa para la toma de muestra</i> .....	88
<i>Fotografía 12. Cambio de placa para la toma de muestra</i> .....	88
<i>Fotografía 13. Cambio de placa para la toma de muestra</i> .....	89
<i>Fotografía 14. Instalación de la placa receptora para el monitoreo.</i> .....	89
<i>Fotografía 15. Instalación de la placa receptora para el monitoreo.</i> .....	90
<i>LABORATORIO – Rotulado de los recipientes y preparación del medio colector (placa +</i> <i>material adherente)</i> .....	90
<i>Fotografía 16. Rotulado de los 30 recipientes.</i> .....	90

<i>Fotografía 17. Registro de pesos semanales.</i> .....	91
<i>Fotografía 19. Identificación de muestra significativa.</i> .....	92
<i>Fotografía 20. Identificación de muestra significativa.</i> .....	92
<i>LABORATORIO – Pesaje semanal de las muestras monitoreadas.</i> .....	93
<i>Fotografía 21. Pesaje de muestra.</i> .....	93
<i>Fotografía 22. Pesaje de muestra.</i> .....	93
<i>Fotografía 23. Calibración de la balanza analítica.</i> .....	94
ANEXO 5 – FORMATO DE SOLICITUDES DE PERMISOS .....	95

## RESUMEN

El polvo atmosférico sedimentable es uno de los principales problemas que agravan la salud de las personas, calidad del aire y la contaminación atmosférica. En el presente trabajo de investigación se identifican los puntos críticos donde se hallan mayores concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) dentro del área de influencia directa de la Zona Industrial del Cercado de Tacna, considerada a partir de un kilómetro a la redonda de la zona mencionada.

Para este estudio se utilizó el método pasivo de muestreo específicamente el de placas receptoras, el cual ha sido ampliamente utilizado y validado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Para la interpretación de los datos se relaciona los parámetros meteorológicos como temperatura precipitación, velocidad y dirección del viento para obtener el mapa de dispersión del PAS seguido por la rosa de viento con el fin de encontrar e identificar la relación de los datos obtenidos utilizando modelamiento geo estadístico con el método IDW (Interpolación lineal con la ponderación de la distancia inversa) con los parámetros determinados y brindados por SENAMHI.

En la fase de campo se colocaron treinta casetas de muestreo en los puntos identificados en el área de influencia directa, el periodo de monitoreo fue de dos meses por lo que al final de cada 30 días, tal como lo indica la metodología, se procedió al pesaje respectivo de las placas obteniéndose como resultado del primer mes el punto de muestreo que presentó mayor concentración de PAS (16.5373 mg/cm<sup>2</sup>/mes) fue el ubicado en las inmediaciones de la planta de Ladrillos Maxx; durante el segundo mes el punto que presentó mayor concentración (15.491 mg/cm<sup>2</sup>/mes) se ubica en la construcción del Centro Comercial de Polvos Rosados. Estos valores sobrepasan el valor guía 0.5 mg/cm<sup>2</sup>/mes establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS)

De los 30 puntos muestreados 28 presentaron concentraciones de PAS por encima del nivel recomendado, sus valores se proceden a detallar en las tablas y gráficos de la presente investigación.

Palabras claves: Polvo atmosférico sedimentable, calidad del aire, contaminación atmosférica, modelamiento geoestadístico.

**ABSTRACT**

Settling atmospheric dust which is one of the main problems that aggravate people's health, air quality and air pollution. In the present research work shows the determination of the critical points where higher concentrations of sedimentable atmospheric dust (PAS) are found in the study area which is located in the Cercado de Tacna Industrial Zone with an area of influence of one kilometer to the round of the mentioned area; for which the receptor plate methodology was used, in order to identify the critical points where the highest concentration of PAS accumulates. For the interpretation of the data, the meteorological parameters such as temperature, precipitation, wind speed and direction are related to obtain the dispersion map of the PAS followed by the wind rose in order to find and identify the relationship of the data obtained using geostatistical modeling. with the IDW method (Linear interpolation with inverse distance weighting) with the parameters determined and provided by the National Service of Meteorology and Hydrology of Peru (SENAMHI).

In the field phase, we proceeded with the identification of the sampling area, which has a total of 38 potential monitoring points, from which access was obtained to 30 points of the total, in which a monitoring station was left in which samples were collected every 7 days and weighed on an analytical balance, thus obtaining the lowest and highest weight data for each month that the monitoring was carried out, obtaining as a result that the highest weight during the first month was 16.5373 mg / cm<sup>2</sup> / month which is located in Ladrillos Maxx and the lowest weight was -0.6280 mg / cm<sup>2</sup> / month which is located in the Soledad House; and during the second month the highest weight was 15.491 mg / cm<sup>2</sup> / month which is located in the Construction of the Shopping Center and giving the lowest weight of 0.025 mg / cm<sup>2</sup> / month which is located in the Soledad House for a period of 30 days respectively where it can be seen that the highest values exceed that established by the World Health Organization, which establishes a value of 0.5 mg / cm<sup>2</sup> / month and the lowest values are below this. The rest of the points are detailed in the tables and graphs of the present investigation.

Key Words: Settling atmospheric dust, air quality, air pollution, geostatistical modeling.

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tacna cuenta con un enorme potencial de desarrollo por ser una ciudad fronteriza, además tiene un número de 358 mil 314 habitantes y como Tacna provincia 332 mil 273 habitantes ya que la zona de estudio se conoce como Parque Industrial está dentro del cercado de Tacna es uno de los puntos donde se encuentra gran parte de la población de la ciudad y el comercio. (MINSA, 2019).

Así mismo un problema derivado del incremento de población es la demanda por espacios de terreno donde habitar lo cual se ve traducido en un crecimiento desordenado no planificado de la ciudad trayendo como consecuencia entre otros problemas de contaminación atmosférica y sus efectos dañinos en la salud de la población.

Por tal motivo el presente trabajo permite identificar la concentración del polvo atmosférico sedimentable en el área de influencia directa de la zona industrial de Tacna así como los puntos críticos de emisión y cómo es que éstos se dispersan por acción del viento predominante, sirviendo este como base para la instalación de las estaciones de una red de vigilancia y monitoreo de calidad de aire.

El material particulado está constituido por polvo atmosférico sedimentable, este es uno de los contaminantes del aire más estudiados a lo largo del mundo ya que estos generan la gran mayoría de enfermedades respiratorias, estas partículas se consideran como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (exceptuando al agua) presentes en la atmósfera, las cuales tiene un origen a partir de la gran variedad de fuentes ya sean naturales o producidas por las actividades del hombre ya que estas poseen un gran rango de propiedades físicas, químicas, termodinámicas y morfológicas.

De esta manera a aquellas partículas finas de diminuto tamaño en un problema actual, sobre todo en Tacna ya que es una zona desértica.

Esta investigación se realizó durante dos meses los cuales fueron monitoreados semanalmente en setiembre y octubre del año 2020, logrando obtener la información de los puntos críticos a lo largo de la Zona Industrial del cercado de Tacna, para esto se establecieron estaciones de monitoreo al interior de viviendas y establecimientos dentro de la área de muestreo la cual es de la Zona Industrial a un kilómetro de radio utilizando la metodología de Placas

Receptoras de Polvo Atmosférico Sedimentable para que así de esta manera se pueda obtener un diagnóstico sobre la calidad de aire que se tiene hoy en día en el área.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

Se calcula que el estrago en la salud de los seres humanos afecta al 95% de la población a nivel mundial a consecuencia de la contaminación atmosférica, ésta reside en zonas con niveles de partículas finas superiores a los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), además de ser el principal causante del deceso prematuro de siete millones de personas anualmente, de los cuales seis cientos mil niños; convirtiéndose así en el principal factor ambiental que constituye a la carga mundial de morbilidad.

Las ciudades de todo el mundo confrontan el problema que aqueja la contaminación del aire. Se determina por la aglomeración de diversas sustancias concurrentes en la atmósfera que son emitidas en mayor escala por industrias y vehículos automotores. La pluralidad de estos contaminantes son el resultado de quema de combustibles fósiles, pero su estructura puede cambiar con respecto a sus fuentes.

La composición del Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS), se atribuye por partículas contaminantes sólidas, poseen un diámetro semejante mayor o igual a diez micras ( $D \geq 10\mu$ ); su peso y tamaño residen dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad), luego sedimentan y se depositan en forma de polvo en las diversas superficies como por ejemplo edificios y diferentes objetos en general de exteriores así como también de interiores, en las áreas verdes, avenidas y calles con o sin asfalto; posteriormente vuelven a ser suministrados al aire por los llamados flujos turbulentos en las zonas urbanas; de este conjunto de partículas, las más peligrosas son las más finas ya que poseen una mayor capacidad de implantación en nuestro sistema respiratorio.

El desarrollo del parque automotor y la adquisición de combustibles fósiles de escasa calidad como el diésel, han convertido al Perú en un país donde la contaminación ya no es un problema actual asociado al desarrollo urbanístico. Mediante del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del mes de diciembre del año pasado, la concentración cotidiana de material particulado de medidas de 2,5 y 10 micras fueron inferiores a los Estándares de Calidad

Ambiental (ECA), es decir, cien microgramos por metro cúbico en las estaciones de Santa Anita, San Borja, San Martín de Porres y Campo de Marte.

El desarrollo demográfico, el crecimiento urbano sin planeación, el considerable número de emisiones de contaminación como la utilización de combustibles fósiles tanto para la industria como para el transporte que ocasionan el polvo atmosférico sedimentable, asimismo un apresurado proceso de erosión de los suelos, han conllevado al deterioro ambiental de cuantiosa magnitud y en la Provincia de Tacna se vienen agudizando estos problemas de suma importancia; no obstante, la falta de empleo efectivo de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) para situar a las diversas industrias que se localizan en las inmediaciones de la zona urbana, fomentado desde hace dos décadas; además, a esto se suma los modelos de desarrollo económico y las políticas de rápido crecimiento, han hecho que la ciudad de Tacna no sea ajena a la manifestación de agentes contaminantes como el PAS que son generados por condiciones atmosféricas estables.

Debido a la gran movilidad que tiene el PAS como contaminante, no se encuentran zonas con elevado contenido de este, pero debido a esta característica se puede desplazar de una matriz ambiental a otra, hasta llegar a un lugar donde se inmoviliza como en los seres vivos. Por lo tanto, representa un agente contaminante de gran impacto para el medio ambiente. Por tal motivo, se deben crear estrategias que contribuyan a su control y/o monitoreo para dar a conocer cuál es la calidad del aire, mediante la utilización de las placas receptoras y su relación con la concentración de PAS en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Formulación del problema general**

- ¿Cuál será la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna?

### **1.2.2. Formulación de los problemas específicos**

- ¿La concentración de PAS en el área de influencia directa de la zona industrial del mercado de Tacna sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud?
- ¿Cómo influyen las variables meteorológicas en la dispersión del PAS en la zona de estudio?
- ¿De qué manera se determinará los puntos críticos en los que sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud?
- ¿Cómo se elaborará un mapa de dispersión del PAS en la zona?

### 1.3. Justificación e importancia de la Investigación

En la actualidad la contaminación atmosférica es uno de los problemas globales que más afectan al planeta y mediante el cual la ciudad de Tacna no se contempla lejos de aquel problema y sobre todo en la zona industrial de la ciudad ya que el tránsito de vehículos de carga pesada y las actividades que se realizan en dicha zona provocando la generación y propagación del material particulado a la atmósfera, es por dicho motivo la importancia que representa este estudio para que de esta manera poder contribuir con la identificación de los puntos críticos en la zona de influencia directa de la zona industrial de Tacna para que de esta manera se pueda realizar posteriormente a este estudio, investigaciones acerca de monitoreo y control de calidad del aire en dicha zona, con el fin de poder recolectar la información necesaria para así detectar los futuros cambios de los niveles en la contaminación del aire producido por el PAS y compararlos con los niveles que establece la organización mundial de la salud OMS.

Previamente a la realización de este estudio, se realizó un sondeo satelital para así estudiar el área, así mismo, acudir a presenciar la realidad de la zona y de esta manera poder seleccionar los puntos en los cuales se empleó la metodología pasiva haciendo uso de las placas receptoras, con el fin de identificar las zonas críticas de concentración de partículas atmosféricas sedimentables.

#### 1.3.1. Justificación

- **Ambiental:** Esta investigación es justificable ya que nos permitirá dar una propuesta de puntos fijos en los cuales se instalarán las

placas para la recepción de material particulado, y así, de esta manera, poder determinar puntos críticos de contaminación en los cuales posteriormente se podrán realizar monitoreos de la calidad del aire ambiental en la zona industrial de Tacna mediante el cual se puedan implementar medidas de prevención contra la contaminación del aire y proliferación de material particulado y así contribuir con el cuidado del medio ambiente de la ciudad y comparar con los lineamientos indicados por la organización mundial de la salud.

- **Social:** En vista de que el PAS está relacionado a los problemas respiratorios de los seres humanos y por ende su salud, dicho problema vulneraría el derecho de las personas el cual es de poseer un ambiente sano para así desenvolverse y tener una buena calidad de vida.
- **Económico:** Los impactos económicos generados a partir del polvo atmosférico sedimentable afectaría a la población y al estado peruano ya que las personas que no cuentan con un sistema integral de salud tendrían que invertir de manera particular en ella, mientras que el estado tendría que ver la manera de que los centros de salud estén abastecidos para así atender los problemas de la población y aún más en estos tiempos ya que los problemas respiratorios están muy relacionadas con nuevas enfermedades.

### 1.3.2. Importancia

La importancia de esta investigación radica en las siguientes causas:

- Indicar la relación de los valores guía de la OMS y los valores obtenidos en el estudio.
- Demostrar si existe alguna crisis ecológica por la cual pasa la zona industrial de Tacna.
- La identificación de puntos críticos para los futuros estudios de la calidad del aire por las instituciones del estado.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el área de influencia directa de la zona industrial del mercado de Tacna.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar si la concentración de PAS en el área de influencia directa de la zona industrial del mercado de Tacna sobrepasa los valores guía de la Organización Mundial de la Salud.
- Determinar las condiciones meteorológicas en la zona de estudio.
- Determinar los puntos críticos en los que sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud.
- Elaborar un mapa de dispersión del PAS en la zona.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

- Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud en el área de influencia directa de la zona industrial del mercado de Tacna.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Corleto y Cortés (2012) realizaron una comparación de los métodos de Bergerhoff y placas receptoras para la cuantificación de polvo atmosférico sedimentable mediante el cual se realizó la comparación de dos métodos de captación de polvo atmosférico sedimentable en la ciudad de San Salvador en el país de El Salvador para que así de esta manera poder proceder a la cuantificación de cantidad de PAS el cual fue adquirido de los puntos de muestreo significativos, mediante ambos métodos y así de esta manera poder analizar los resultados finales y poderlos comparar con los valores guía que establece la OMS. Obteniendo como resultado que de los cuatro puntos de muestreo con el método de Bergerhoff todos sobrepasan los límites indicados por la OMS mientras que por el muestro de placas receptoras sólo en un punto sobrepasó estos valores guía. Con el uso de la metodología de Bergerhoff resulto que época seca los hallazgos que oscilan entre 18,1 y 4,01 t/km<sup>2</sup>/mes, y en época lluviosa valores entre 12,24 y 20,14 t/km<sup>2</sup>/mes sobrepasando en ambas épocas el nivel referencial permisible establecido por la OMS para polvo atmosférico sedimentable (5t/km<sup>2</sup>/mes); sin embargo con la metodología de placas receptoras se hallaron valores menores de concentración de polvo atmosférico sedimentable los cuales oscilan entre 3,5 a 7,8 t/km<sup>2</sup>/mes, en época seca; y valores que en promedio oscilan entre 0.006 y 0.01 t/km<sup>2</sup> /mes en época lluviosa.

Zapata y otros (2008) realizaron una investigación que buscaba fortalecer el monitoreo de la calidad del aire del Valle de Aburra y la tasa de sedimentación de las partículas sedimentables en las principales vías del área metropolitana, en las cuales se instalaron muestreadores en 15 puntos y realizaron monitoreos correspondientes dando como resultado que en 12 puntos de muestreo y monitoreo de los 15 se sobrepasaba los valores el cual determina la guía de la Organización Mundial de la Salud y concluyendo en que los

monitoreos pasivos de contaminantes se identifican sectores con una situación de contaminación crítica y que se puede evaluar de manera sencilla el avance de los monitoreos y contaminantes durante estos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Rojas y Huamán (2017) detalló que el material particulado respirable excede el límite máximo permisible el cual es de  $150 \text{ ug/m}^3$  y por tal motivo es que se genera contaminación ambiental; Los valores mínimos son de  $2941,48 \text{ ug/m}^3$  y máximo es de  $11940 \text{ ug/m}^3$ , estos resultados sobrepasan aproximadamente entre 20 veces y 80 veces respectivamente. También, se contó con la presencia de sílice como uno de los contaminantes medio ambientales el cual es perteneciente a la composición del cemento.

Rusber (2013) logró determinar el grado de partículas sedimentables en la ciudad de Moyobamba, por lo cual se determinó la instalación 15 estaciones para monitoreo en las cuales se utilizó la metodología de muestreo pasivo, de manera que se determinó la implementación de placas Petri ubicadas en la segunda planta de las casas, el cual duro un periodo de treinta (30) días por tres meses. Al fin de determinar de la ubicación de las estaciones a monitorear se consideró el tipo de vía, densidad poblacional y tráfico; de esta manera se logró estimar 03 sectores para realizar el monitoreo dentro en la ciudad de Moyobamba: el Centro, la Intermedia y la Periferia ubicando de manera dispersa dentro de cada sector 05 estaciones de monitoreo. Los productos que se obtuvieron del monitoreo de las partículas sedimentables dieron un valor promedio de  $7 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ , superando de esta manera el nivel referencial de las partículas sedimentables en  $2 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ , sabiendo que lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de  $5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$  como valor máximo. Según los productos obtenidos del monitoreo de las partículas sedimentables se llegó a determinar la presencia de una relación inversa entre las condiciones meteorológicas y la proliferación de partículas sedimentables, esto quiere decir que durante los meses de mayor precipitación se identificó un menor número de partículas sedimentables contrastado con lo que se registró el mes con una menor precipitación puesto registró mayor número de partículas

sedimentables. Adicionalmente se realizó un análisis de la varianza en donde resultó que no existe una desigualdad importante entre los datos obtenidos, sin embargo, si aporta para la determinación de una problemática de contaminación ambiental, ya que con este aporte se manda un mensaje de atención hacia la ciudadanía en beneficio del desarrollo sustentable y calidad de vida que una población siempre anhela.

Marcos y otros (2009) detallaron un estudio comparativo de los resultados de los monitores de los niveles de concentraciones de polvo atmosférico (PS) los cuales se obtuvieron mediante dos métodos validados; el primero por DIGESA, nombrado como “tubo pasivo” y el segundo polvo atmosférico sedimentable (PAS) validado por SENAMHI nombrado “placas receptoras”. Para la investigación se instalaron casetas de monitoreo en el campus de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), para la ubicación de los puntos de monitoreo se realizó una evaluación considerando ciertos factores que influyen en el monitoreo tales como: velocidad y dirección del viento, humedad relativa, temperatura, densidad poblacional. Los resultados del monitoreo de la concentración de partículas atmosféricas sedimentables (PAS) de cada estación, obtenidos mediante los dos métodos; son contrastados con el nivel indicado por la Organización Mundial de la Salud, el cual es  $0,5 \text{ mg/cm}^2/\text{mes}$ , obteniendo resultados para el método de placas receptoras un valor máximo de  $7,5 \text{ t/km}^2/\text{mes}$  y un mínimo de  $1,8 \text{ t/km}^2/\text{mes}$ . La evaluación comparativa permitió conocer cuál es la estación con mayor concentración de concentración de polvo atmosférico sedimentable y partículas sedimentable.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Vargas (2019), realizó la determinación de las concentraciones de polvo atmosférico sedimentable (PAS) en el área zona de estudio podemos encontrar como influencia directa una ladrillera, en el distrito de Calana, cuyo objetivo es la realización de un modelo geoestadístico, se utilizó un modelo geoestadístico haciendo uso del método Inverse Distance Weighted (IDW), hallando así aquellos puntos de mayor concentración de polvo atmosférico sedimentable en

la zona de estudio. La toma de datos se realizó utilizando unos muestreadores pasivos apropiados para este tipo de contaminante, se utilizó específicamente las placas receptoras y los colectores de polvo, al igual que los datos obtenidos de estaciones meteorológicas instaladas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) ubicada en el sector de Calana y Calientes; para poder validar la metodología de muestreo se utilizó el método de regresión lineal o mínimos cuadrados, el cual nos ayuda al muestreador pasivo. Dando como resultados que se logró determinar la concentración de polvo atmosférico en veinticinco puntos los cuales se establecieron a partir de una grilla la cual se realizó a partir de un mapeo satelital de los cuales se usaron trece puntos debido a su fácil accesibilidad.

Miranda y Merma (2017) evaluaron la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable, para de esta manera indicar puntos críticos de contaminación, empleando la metodología de placas receptoras y en relación al material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>), durante un lapso de tiempo de 5 meses, el cual concluyo obteniendo un nivel de partículas sedimentables cuyo valor era de 1.07 mg/cm<sup>2</sup>/mes dentro de todas las estaciones de monitoreo, el cual está en el orden de 0.57 mg/cm<sup>2</sup>/mes estos valores superan los niveles establecidos en la guía para partículas atmosféricas sedimentables de la Organización Mundial de la Salud - OMS, la cual está fijada en 0.50 mg/cm<sup>2</sup>/mes. Según los resultados logrados se llegó determinar la presencia de 3 puntos con mayor grado de concentración.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable**

#### **Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)**

También llamados Partículas Sólidas Sedimentables están constituido por partículas contaminantes con un diámetro mayor o igual a 10 micras ( $D \geq 10\mu$ ); del cual el tamaño y peso posibilitan su

sedimentación y deposición por medio de la gravedad. Así mismo, las partículas se posan sobre diversas superficies, desde donde vuelven a ser arrastrados largas distancias por acción del viento alterando nuestra calidad de aire. Chipoco y Valencia (2015).

El PAS tiene un corto tiempo de permanencia en la atmósfera, además tiene la capacidad de sedimentarse; está considerado como contaminante del aire debido a que su afectación es a la salud de las personas de manera directa más no a la atmósfera. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) (2012).

A raíz de las causas naturales como la erosión, los incendios forestales, las lluvias, entre otros, es que existen las partículas en suspensión en la atmósfera. Éstas sedimentan en el suelo según su tamaño y composición, el nivel de lluvias que las arrastra y otros factores. Las partículas cercanas a las 10 micras de diámetro tienen un bajo poder de sedimentación, pero las que superan las 20 micras se depositan con suma facilidad Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) (2012).y Rosas (2018).

A través del tránsito vehicular es que las partículas atmosféricas sedimentables son dispersadas. Es por ello que la Organización Mundial de la Salud documentó artículos, donde especifica que el principal problema del incremento en el parque automotor es la emisión del PAS y material particulado. Organización Mundial de la Salud (OMS) (2005).

### **2.2.2. Humedad Relativa**

#### **Condiciones meteorológicas en el Área Metropolitana de Lima y Callao (AMLC)**

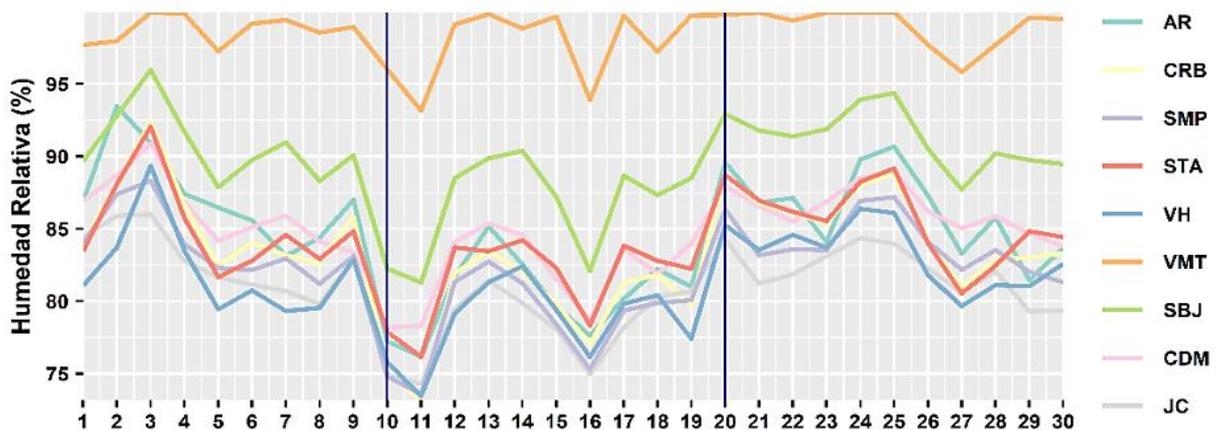
Con los datos de las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) ubicadas en el AMLC, se realizó un análisis de la variabilidad diaria de la humedad relativa (a 2 metros de la superficie - mds), temperatura (a 2 mds) y la velocidad del viento (a 10 mds). Los datos provinieron de las estaciones: Antonio Raimondi (AR), Carabayllo (CRB), San Martín de Porres (SMP), San Juan de Lurigancho (SJL), Alexander Von Humboldt (VH), Santa Anita (STA), Villa María del Triunfo (VMT), San Borja (SBJ), Campo de Marte (CDM) y Aeropuerto Internacional Jorge

Chávez (JCH). Adicionalmente se representó la variabilidad diaria de la capa límite atmosférica (ACLA)5 para lo cual se usó datos de reanálisis ERA5.

Con respecto a la humedad relativa, se observó una disminución pronunciada los días 01, 05, 08, 11, 16, 19, 23, 27 y 29, mientras que los días 03, 09, 13, 15, 17, 20, 25 y 30 mostraron un incremento. Asimismo, la temperatura mostró un comportamiento opuesto a la humedad relativa, presentando tendencias de incremento los días de menor humedad y tendencias de disminución los días de mayor humedad. Informe Vigilancia de la calidad del aire Junio (2020).

Figura 1.

Variación diaria de la humedad relativa (%) en el AMLC.

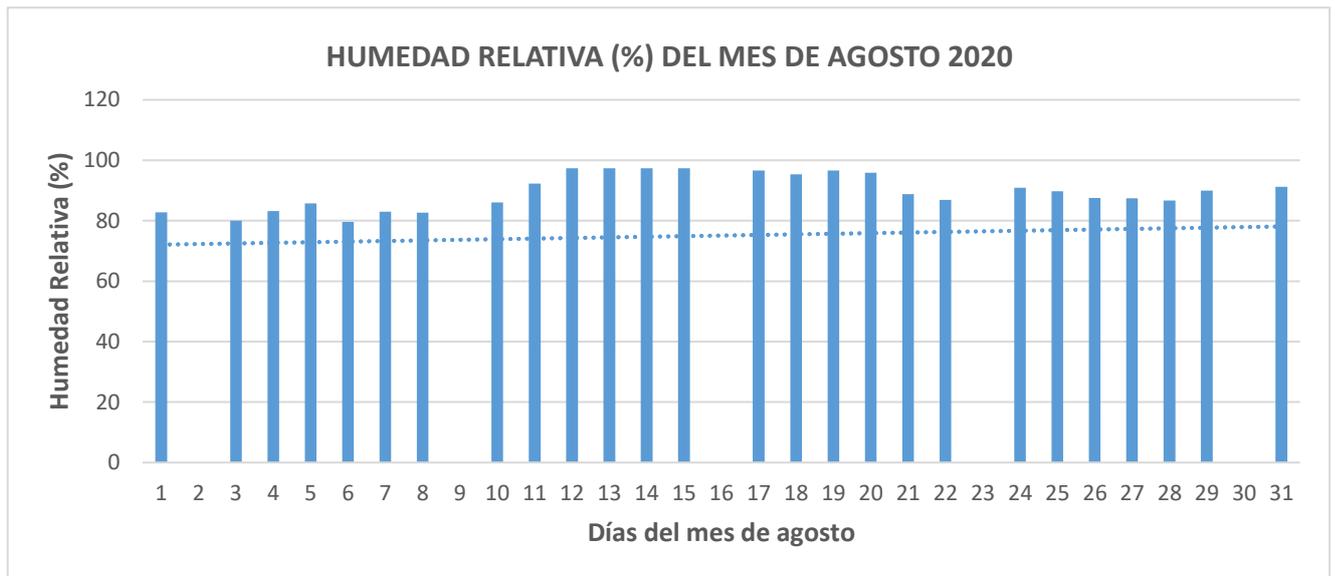


Fuente: Informe Vigilancia de la calidad del aire Junio (SENAMHI) (2020).

**Humedad relativa correspondientes al mes de agosto del año 2020 otorgados por SENAMHI de la Estación meteorológica Jorge Basadre.**

Figura 2.

Variación diaria de la humedad relativa (%) en la ciudad de Tacna del mes de agosto.



Fuente: Elaboración propia.

Boletín Hidrometeorológico. SENAMHI 2020.

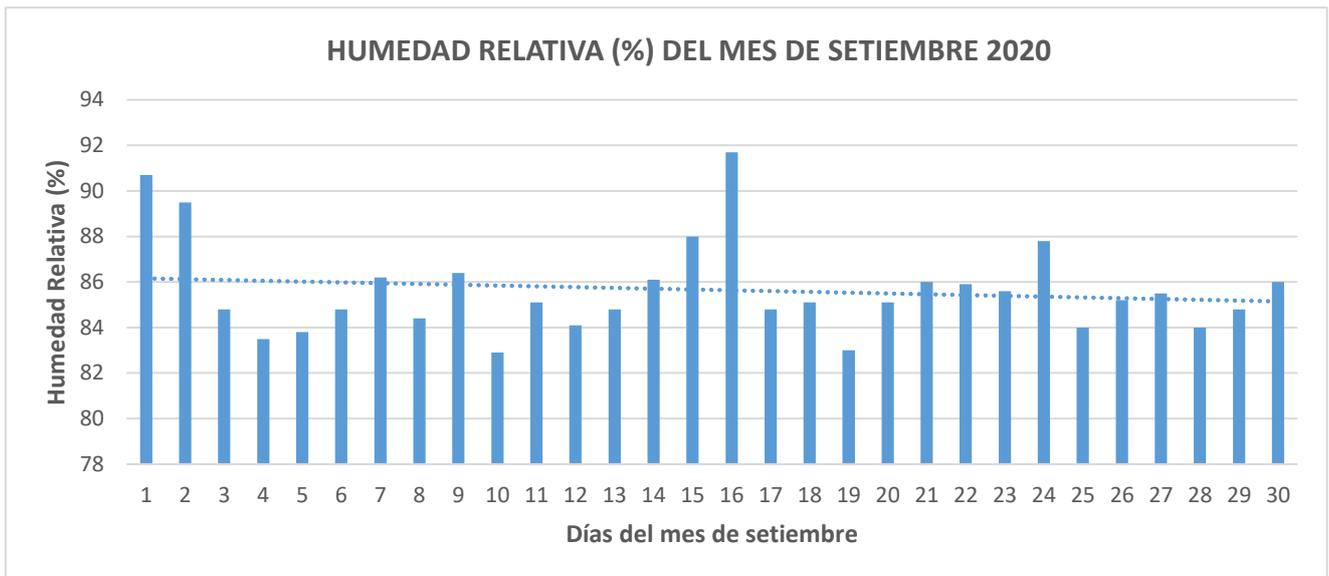
Según la línea de tendencia correspondiente a la humedad relativa se pudo observar un incremento finalizando los días del mes de agosto de 2020.

Con respecto a los días que más registraron un nivel significativo de humedad relativa, fueron los días 12 al 15 con porcentajes de 97.3 %. Y los días 17, 18, 19 y 20 con porcentajes de 96.6 %, 95.3 %, 96.6 % y 95.9 % respectivamente.

**Humedad relativa correspondientes al mes de setiembre del año 2020 otorgados por SENAMHI de la Estación meteorológica Jorge Basadre.**

Figura 3.

Variación diaria de la humedad relativa (%) en la ciudad de Tacna del mes de setiembre.



Fuente: Elaboración propia.

Boletín Hidrometeorológico. SENAMHI 2020.

Según la línea de tendencia correspondiente a la humedad relativa se pudo observar una disminución finalizando los días del mes de setiembre de 2020.

Con respecto a los días que más registraron un nivel significativo de humedad relativa, fueron los días 01, 02, 15, 16 y 24 con porcentajes de 90.7%, 89.5%, 88%, 91.7% y 87.8% respectivamente.

### 2.2.3. Temperatura

Es la magnitud física que señala la intensidad de frío o calor de un cuerpo, objeto o del medio ambiente. Motocanche (2019).

**Temperatura máxima del aire:** Alteración de la temperatura máxima del aire en el territorio nacional durante el mes de marzo. Boletín Climático Nacional Agosto (2020).

Tabla 1.

Variaciones de la temperatura máxima en la costa.

SECTOR	VALOR MÍNIMO	ALT (M)	VALOR MÁXIMO	ALT (M)
<b>Costa norte</b>	22,9 °C (Trujillo - Laredo)	44	35,2 °C (Morropón - Chulucanas)	89
<b>Costa central</b>	21,8 °C (Huarney - Huarney)	8	21,8 °C (Huarney - Huarney)	8
<b>Costa sur</b>	23,8 °C (Tacna - Inclán)	529	31,0 °C (Palpa - Palpa)	340

Nota: Debido a la pandemia del COVID-19 y al D.S N°044- 2020-PCM emitido por el estado peruano para el cumplimiento del aislamiento social obligatorio, solo se cuenta con el reporte de las estaciones meteorológicas convencionales ubicadas en el predio del observador meteorológico, condición que limita el monitoreo en algunas zonas del país. Boletín Climático Nacional Agosto (SENAMHI) (2020).

#### **Distribución de las anomalías de la temperatura máxima o diurna**

Durante el mes, las temperaturas máximas en costa estuvieron dentro de su normal climática, a excepción de la estación Fonagro en Ica que reportó en promedio 1,2 ° C más que su climatología. En contraste, la mayoría de localidades de la región Andina reportaron temperaturas máximas sobre su valor normal, entre las anomalías más altas se tiene a +2,4°C en Ayabaca (Piura) y Lircay (Huancavelica), 2,7°C en Jauja (Junín) y 2,8°C en Yanahuanca (Pasco).

Al igual que en la región andina, la amazonia también registró en promedio temperaturas sobre su normal climática; sin embargo entre los registros diarios de temperatura máxima en Loreto se tuvieron los valores más bajos de todos los meses de agosto con valores de 20,2°C en Mazan y Caballococha, 20,4°C en Amazonas y 22,8°C en Tamshiyacu. Boletín Climático Nacional Agosto (2020).

**Temperatura mínima del aire:** Alteración de la temperatura mínima del aire en el territorio nacional durante el mes de marzo. Boletín Climático Nacional Agosto (2020).

Tabla 2.

Variaciones de la temperatura mínima en costa

SECTOR	VALOR MÍNIMO	ALT (M)	VALOR MÁXIMO	ALT (M)
Costa norte	10,0 °C (Lambayeque - Jayanca)	78	18,0 °C (Zarumilla - Zarumilla)	4
Costa central	10,8 °C (Huarmey - Huarmey)	8	10,8 °C (Huarmey - Huarmey)	8
Costa sur	5,0 °C (Tacna - Calana)	785	10,0 °C (Islay - Cocachacra)	282

Fuente: Boletín Climático Nacional Agosto (SENAMHI) (2020).

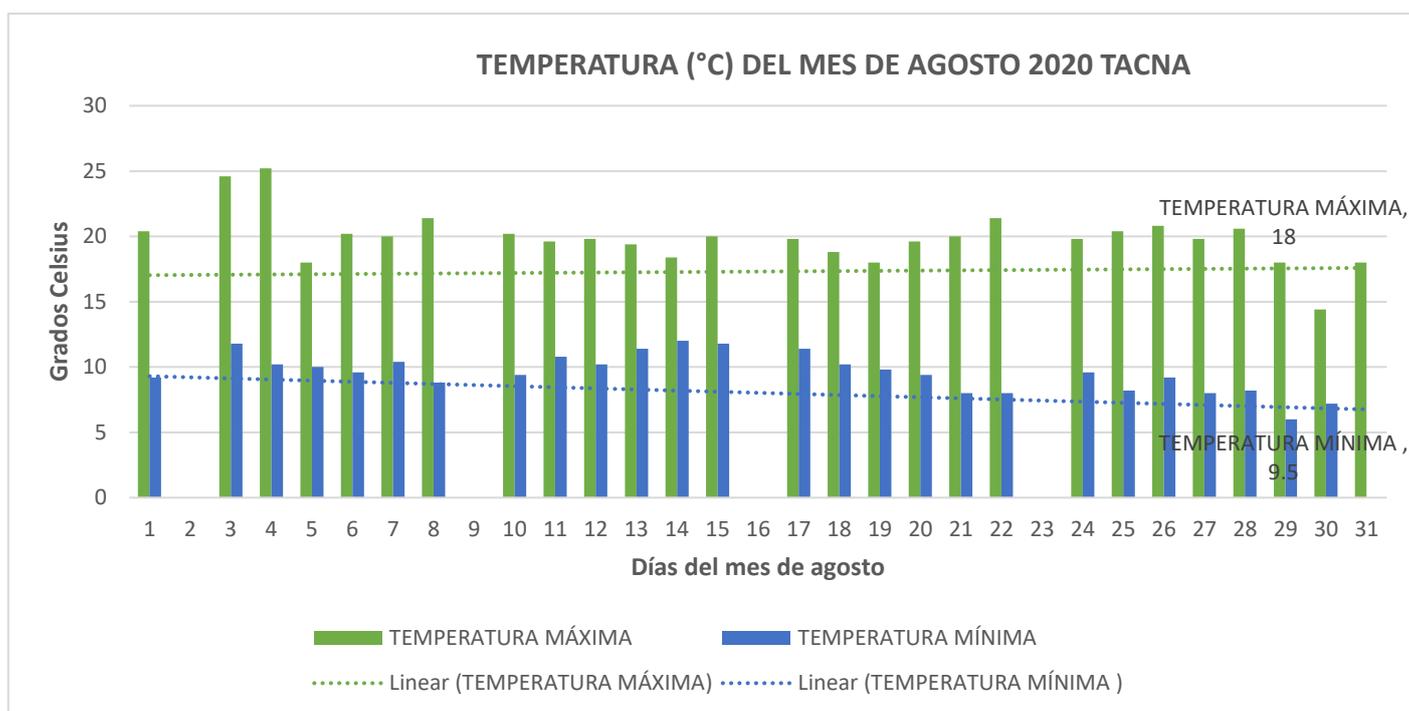
### **Distribución de las anomalías de la temperatura mínima o nocturna**

En el mes, la costa presentó temperaturas mínimas ligeramente por debajo de su normal climática con anomalía de -2,1°C en Chulucanas (Piura), -1,9°C en Jayanca (Lambayeque) y -1,8°C en Palpa (Ica). Asimismo, algunas localidades como La Cascarilla (Cajamarca), Salpo (La Libertad) y Jacas Chico (Huánuco) ubicados en la sierra norte y sierra central reportaron en promedio temperaturas mínimas por debajo de su normal con anomalías de -2,7°C, -2,4°C y -3,5°C respectivamente; un comportamiento diferente se evidenció en la sierra sur, donde prevalecieron temperaturas dentro de su normal climática, a excepción de la Estación de Santa Rosa en Puno que presentó una anomalía de -3,8°C. Por otro lado, la región amazónica presentó temperaturas mínimas dentro y/o por encima de su normal climática.

**Temperaturas máximas y mínimas diarias correspondientes al mes de agosto del año 2020 otorgados por SENAMHI de la Estación meteorológica Jorge Basadre.**

Figura 4.

Temperatura (°C) del mes de agosto 2020 Tacna.



Fuente: Elaboración propia.

Boletín Hidrometeorológico. SENAMHI 2020.

Según la línea de tendencia correspondiente a la temperatura máxima se registró un aumento significativo el día 03 y 04 de agosto de 2020 con una temperatura de 24.6 °C y 25.2 °C respectivamente. Con respecto a la temperatura mínima se registró una disminución significativa el día 29 de agosto de 2020 con una temperatura de 06 °C.

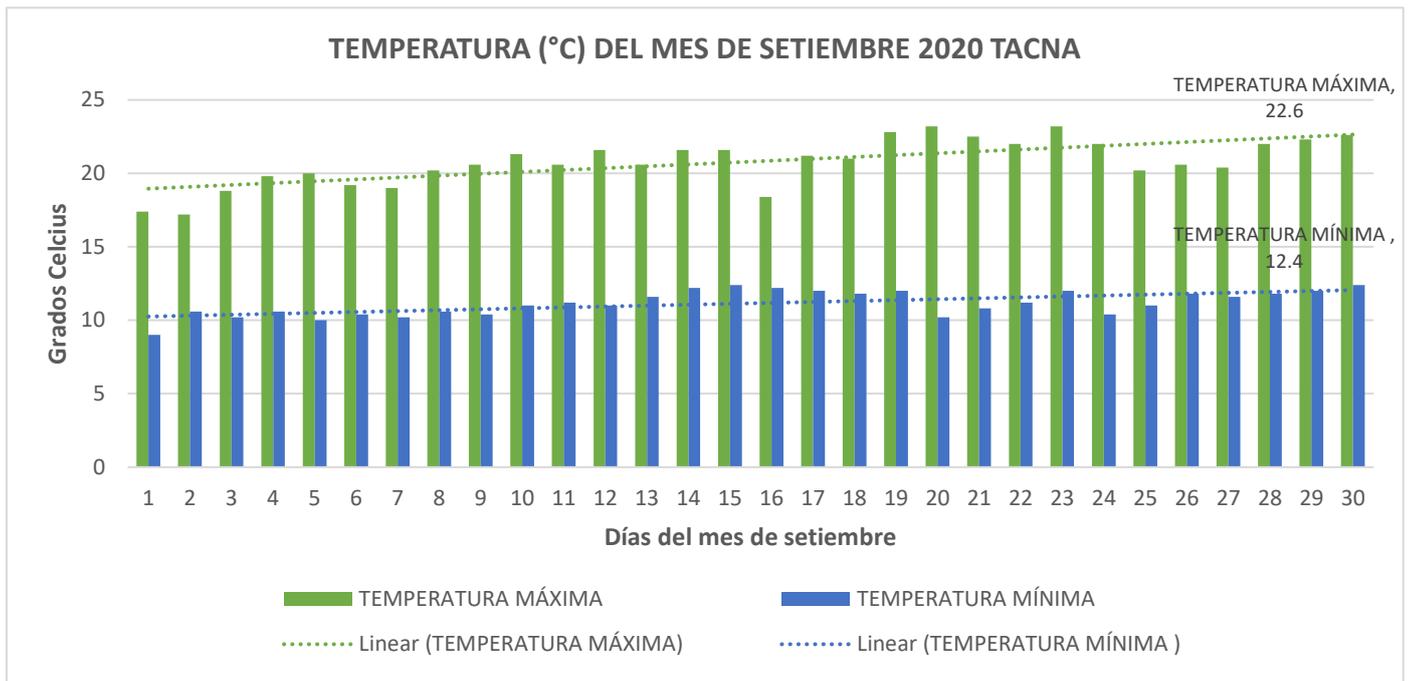
La temperatura máxima media registrada fue de 18 °C y con respecto a la temperatura mínima media fue de 09.5 °C.

No se obtuvo datos registrados de temperatura máxima y mínima para los días 02, 09, 16 y 23 del mes de agosto. Así mismo, el día 31 de agosto no se registró la temperatura mínima.

**Temperaturas máximas y mínimas diarias correspondientes al mes de setiembre del año 2020 otorgados por SENAMHI de la Estación meteorológica Jorge Basadre.**

Figura 5.

Temperatura (°C) del mes de setiembre 2020 Tacna.



Fuente: Elaboración propia.

Boletín Hidrometeorológico. SENAMHI 2020.

Según la línea de tendencia correspondiente a la temperatura máxima se registró un aumento significativo el día 20 de setiembre y 23 de setiembre de 2020 con una temperatura de 23.2 °C. Con respecto a la temperatura mínima se registró una disminución significativa el día 1 de setiembre de 2020 con una temperatura de 09 °C.

La temperatura máxima media registrada fue de 22.6 °C y con respecto a la temperatura mínima media fue de 12.4 °C.

### 2.2.4. Velocidad y Dirección del viento

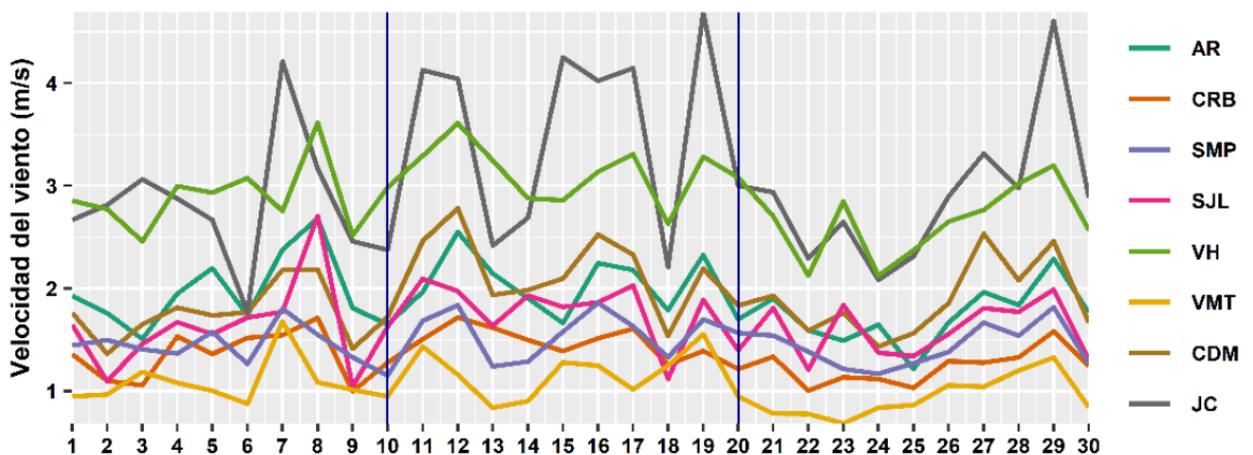
Puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea, menor será la concentración. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) (2005).

La dirección del viento predomina la determinación el arrastre de las partículas. OMS (2005).

La variabilidad de la velocidad del viento para el mes de junio estuvo asociado a factores sinópticos y en menor porcentaje a factores locales, dado a que, los días de mayor o menor intensidad del viento no guardaron una relación directa o indirecta con el comportamiento de la humedad relativa y la temperatura. Boletín Climático Nacional Junio (SENAMHI) (2020).

Figura 6.

Variación diaria de la velocidad del viento (m/s) en el AMLC.



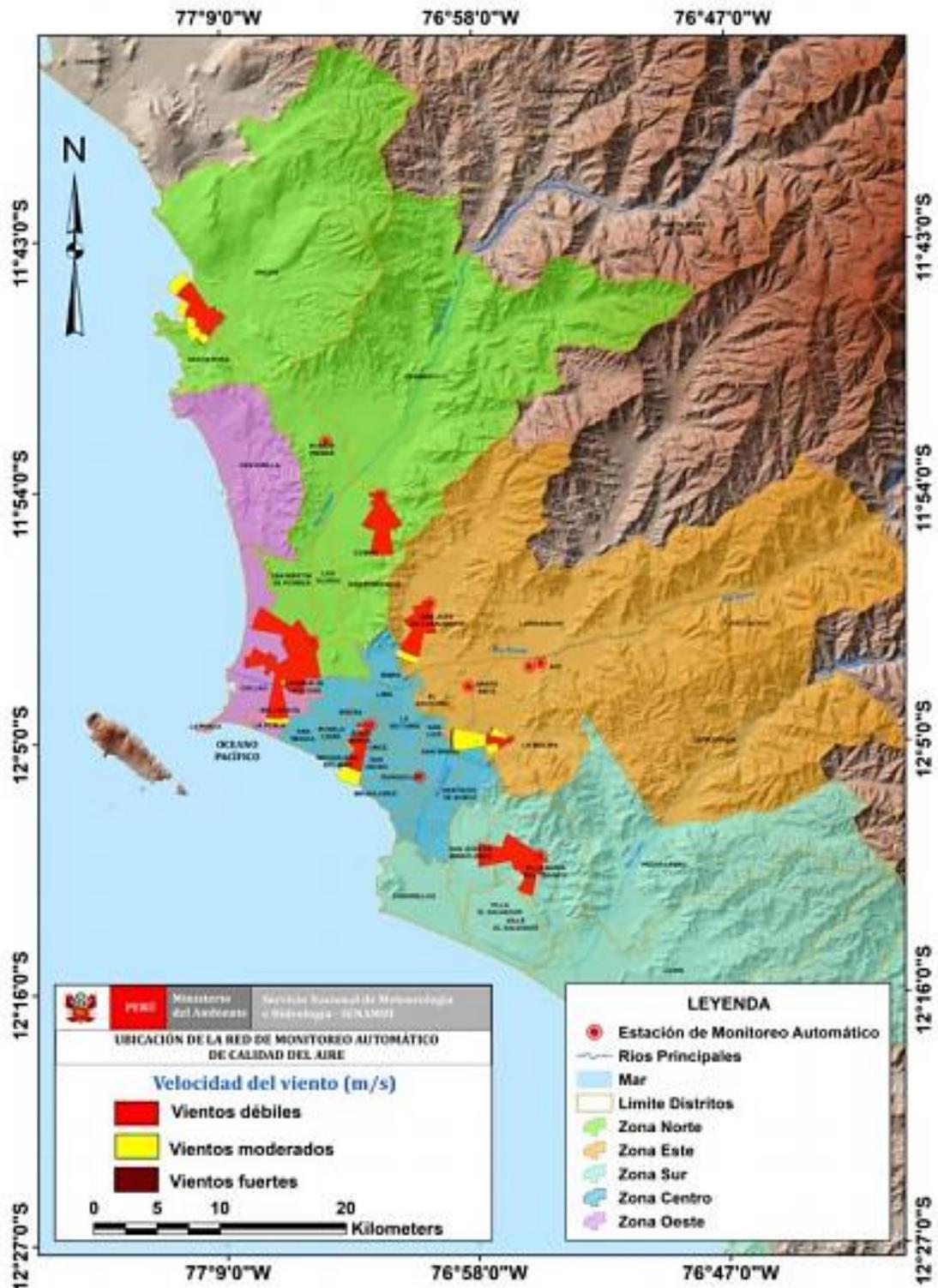
Fuente: Informe Vigilancia de la calidad del aire Junio (SENAMHI) (2020).

Por otro lado, la velocidad del viento presentó disminuciones los días 06, 09, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 28 y 30, mientras que los días 08, 12, 17, 19, 21, 23, 27 y 29 mostraron un incremento. Asimismo, la ACLA presentó mayores alturas en la estación AR y menores alturas en la estación VMT.

\* ACLA: parte de la tropósfera influenciada directamente por la superficie terrestre, donde se concentra la mayor cantidad de sustancias contaminantes.

Figura 7.

Rosas de viento para el horario diurno en el AMLC.



Nota: Muestra el comportamiento de la dirección y velocidad del viento en cada una de las estaciones meteorológicas automáticas para los horarios diurnos (07:00 - 11:59 horas). Informe Vigilancia de la calidad del aire junio (SENAMHI) (2020).

### 2.2.5. Tiempo

El tiempo es relativo a la frecuencia que se desea monitorear la zona de estudio, ya sea semanalmente o mensual. Todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado. Martínez y Romieu (1997).

Tabla 3.

Límite máximo permisible sobre la concentración de polvo atmosférico sedimentable para diferentes métodos de muestreo.

Institución	Tiempo promedio	LMP (mg/cm <sup>2</sup> /mes)	Técnica o método
<b>Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)</b>	30 días	0.5	Gravimétrico estudio de polvo sedimentable (jarras)
<b>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)</b>	30 días	0.5	Gravimétrico estudio de polvo sedimentable (jarras), PAS (placas de vidrio)

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria CEPIS.

### 2.2.6. Contaminantes y su efecto sobre la salud

Se debe considerar los impactos negativos que causa la contaminación del aire sobre la salud de la población, originando la ocurrencia de enfermedades, por lo que es importante un

ordenamiento y la mejor disposición de las actividades urbanas para reducir los impactos negativos al medio ambiente y a la salud de las personas. OMS (2005)

Tabla 4.

Sustancias Contaminantes y Efectos Sobre la salud

Sustancias contaminantes	Efectos sobre la salud
CO, CO <sub>2</sub>	Dolores de cabeza, estrés, fatiga, problemas cardiovasculares, desmayos, etc. Deterioro en la percepción auditiva y visual.
Óxidos de nitrógeno y azufre (NO <sub>x</sub> y SO <sub>x</sub> )	Enfermedades bronquiales, irritación del tracto respiratorio, cáncer, disminución de defensas antiinflamatorias pulmonares
Mercurio y las dioxinas	Genera problemas en el desarrollo mental de los fetos, enfermedades ocupacionales en ciertas industrias.
Cadmio	Enfermedades en la sangre.
Polvo	Enfermedades a la vista y pulmonares.
PTS; PM10, PM2.5	Infección de las membranas mucosas
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Bronco constricción en asmáticos y malestar torácico
Plomo	Deterioro del coeficiente de inteligencia en niños, efectos cardiovasculares (hipertensión)
Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	Irritación ocular, intoxicación, edema pulmonar.

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2005).

### 2.3. Definición de términos

#### 2.3.1. Absorción

Proceso físico o químico en el cual átomos, moléculas o iones pasan a ser parte de un nuevo volumen en una siguiente fase. Rodríguez (2018).

### **2.3.2. Aire**

Es la combinación de gases en los cuales están incluidas el vapor de agua, partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño oscila entre algunos nanómetros y estos regresan de manera conjunta al globo terráqueo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2005).

### **2.3.3. Contaminación**

Es la alteración negativa mediante agentes (físico, químico o biológico) en concentraciones las cuales sobrepasen los Límites Máximos Permisibles (LMP) y sean nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y desarrollo de lugares de recreación y goce de los mismos. Cotrina (2008).

### **2.3.4. Estación de Monitoreo**

Sitio geográfico exacto destinado a realizar el muestreo de un ecosistema, en particular de su vegetación (geografía, fisionomía, composición florística). Normalmente los puntos de monitoreo son indicados en fotografías aéreas y geo referenciados mediante el uso de un GPS. Cotrina (2008).

### **2.3.5. Estaciones de Muestreo**

Lugar físico destinado para la instalación o implementación de un sistema de equipos o instrumentos de muestreo periódico y/o aperiódico o el monitoreo continuo de la calidad del aire. Korc Marcelo (2000).

### **2.3.6. Monitoreo**

Es la actividad de observar o controlar alguna actividad o cosa. En el contexto del lugar de trabajo, también incluye vigilancia de las prácticas laborales en comparación con un conjunto establecido de

estándares laborales llevada a cabo por una persona (o varias personas) con una presencia regular o frecuente en el lugar de trabajo y con acceso irrestricto a la gerencia y el personal. Cotrina (2008).

### **2.3.7. Organización Mundial de la Salud**

La Organización Mundial de la Salud la cual tiene como siglas OMS, es una entidad de la Organización de las Naciones Unidas que está encargada de la gestión de políticas sanitarias a escala global. Y se encuentra bajo la jurisdicción por la Asamblea Mundial de la Salud. Fuente: Organización Mundial de la Salud (1999).

### **2.3.8. Partículas Sedimentables**

Son partículas sólidas las cuales se encuentran en el aire y pueden llegar a sedimentarse sobre la superficie terrestre o un objeto o infraestructura. Y estas se generan por procesos extractivos, transporte, concentración, fundición, refinación y comercialización de la actividad minera; quema de combustibles fósiles; emisiones volcánicas; polen de la fase de floración de las plantas; fotoquímica de gases contaminantes primarios, etc. Sandoval (2000).

### **2.3.9. Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)**

Partículas contaminantes sólidas con un diámetro equivalente mayor o igual a 10 micras ( $D \geq 10\mu$ ); tamaño y peso que está dentro de la influencia de la fuerza de atracción gravitatoria terrestre (gravedad), por lo que sedimentan y se reposan en forma de polvo sobre diferentes superficies, las más finas suelen ser las más peligrosas ya que tienen una mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio. Sandoval (2000).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

El presente trabajo se enmarca en una investigación de tipo descriptivo, ya que ésta describe las situaciones o eventos, así como también los pasos a seguir, para lograr obtener resultados. Además, buscó especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno para su posterior análisis.

En nuestro país no se presenta una normativa establecida por la entidad correspondiente (Ministerio del Ambiente) por lo que, adoptaremos la normativa internacional. En consecuencia, esta investigación se tomará como referencia la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) que establece como parámetro máximo para polvo atmosférico sedimentable: 0.5 mg/cm<sup>2</sup>/mes.

#### 3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación se basa en un diseño no experimental apoyado en un enfoque de campo, debido a que la recopilación de datos se realizó directamente en el área en que se presenta el fenómeno, es decir, mediante la recolección de muestras de los puntos significativos, además se revisaron toda la documentación y reportes de monitoreos de PAS de la ciudad de Tacna de los últimos años.

En lo que se refiere a una investigación de campo, se considera que esta reside en la recolección de datos directa de los sujetos estudiados, o del fenómeno donde ocurren los eventos, sin aplicar ningún tipo de control a las variables (Arias, 2012).

### 3.2. Acciones y actividades

Las actividades que se realizaron en esta investigación fueron efectuadas en diversas etapas, las cuales se describen a continuación:

#### 3.2.1. Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada geográficamente, de la siguiente manera:

- Departamento: Tacna
- Provincia: Tacna
- Distrito: Tacna

Figura 8.

Mapa del área de estudio: Zona industrial de Tacna.



Fuente: Elaboración propia con el programa ArcGIS versión 10.3.

### 3.2.2. Identificación de puntos de muestreo

Se identificaron en campo los puntos de mayor influencia donde posteriormente se colocaron las casetas y se tomaron las coordenadas de los mismos haciendo uso del GPS. Dentro de la zona designada se identificaron 38 posibles puntos de monitoreo y según su factibilidad al acceso a los puntos destinados se instalaron las casetas con un aproximado de 30 casetas para este procedimiento.

Tabla 5.

Coordenadas de los 30 puntos de monitoreo.

<b>Orden</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Estación</b>	<b>Coordenadas</b>
<b>1</b>	<b>I.E. Auza Arce</b>	P 02	19k 0368370 8010165
<b>2</b>	<b>Grifo Repsol</b>	P 03	19k 0368909 8010075
<b>3</b>	<b>Vivienda Eric</b>	P 04	19k 0368964 8009715
<b>4</b>	<b>Construcción centro comercial</b>	P 05	19k 0368501 8009652
<b>5</b>	<b>Vivienda Cecil</b>	P 07	19k 0368699 8010428
<b>6</b>	<b>Vivienda Jesús</b>	P 08	19k 0368843 8010271
<b>7</b>	<b>Supermix</b>	P 09	19k 0369264 8010170
<b>8</b>	<b>Almacén V.</b>	P 10	19k 0369143 8009552
<b>9</b>	<b>Vivienda Jeissy</b>	P 11	19k 0369262 8009570
<b>10</b>	<b>Vivienda Adriana</b>	P 12	19k 0369008 8009306
<b>11</b>	<b>Vivienda Victor</b>	P 13	19k 0369277 8011165
<b>12</b>	<b>Vivienda Erick</b>	P 14	19k 0369103

			8010739
<b>13</b>	<b>Ladrillos Maxx</b>	P 15	19k 0369416 8010268
<b>14</b>	<b>Ladrillera Maxx</b>	P 16	19k 0368883 8009764
<b>15</b>	<b>Vivienda Soledad</b>	P 17	19k 0369491 8009725
<b>16</b>	<b>Parroquia Señor de los Milagros</b>	P 18	19k 0369617 8009584
<b>17</b>	<b>Vivienda Andrea</b>	P 19	19k 0369375 8009178
<b>18</b>	<b>Vivienda Ericsson</b>	P 20	19k 0369514 8011212
<b>19</b>	<b>Vivienda Herson</b>	P 21	19k 0369529 8010998
<b>20</b>	<b>Consortio Industrial Pesquero</b>	P 22	19k 0369761 8010358
<b>21</b>	<b>Almacén J</b>	P 23	19k 0369915 8010084
<b>22</b>	<b>I.E. Federico Barreto</b>	P 24	19k 0369686 8009829
<b>23</b>	<b>Estadio Pocollay</b>	P 25	19k 0369885 8009514
<b>24</b>	<b>Vivienda Jean</b>	P 26	19k 0369592 8009131
<b>25</b>	<b>Vivienda José</b>	P 28	19k 0369794 8011219
<b>26</b>	<b>Vivienda Lawrence</b>	P 29	19k 0369923 8010304
<b>27</b>	<b>Mercado 24 de junio</b>	P 30	19k 0370114 8010136
<b>28</b>	<b>Vivienda Gianella</b>	P 31	19k 0370435 8009712
<b>29</b>	<b>I.E. Jesús Nazareno</b>	P 32	19k 0370086 8009650
<b>30</b>	<b>Vivienda Alejandro</b>	P 33	19k 0369866 8009248

Fuente: Elaboración propia.

### **3.2.3. Determinación de la concentración de PAS**

Se determinó la concentración de polvo atmosférico sedimentable de los establecimientos y domicilios de mayor significancia de la zona industrial de la ciudad de Tacna aplicando la metodología pasiva con placas receptoras.

#### **Procedimiento a seguir en laboratorio**

##### **a) Antes del monitoreo**

- Las placas de vidrio de 10 x 10 cm de lado fueron codificadas de acuerdo a los puntos donde serían ubicadas las casetas.
- Se pesaron las placas en la balanza analítica (de 4 decimales de precisión) y se anotaron los pesos en el formato 01 que se adjunta a la presente guía.
- Posteriormente se colocó una capa fina y homogénea de vaselina sobre toda la superficie de la placa de vidrio y se volvió a pesar la placa con vaselina y se anotó el peso.
- Se colocó la placa de vidrio con vaselina en un recipiente herméticamente cerrado y esterilizado (ejem: un taper de plástico previamente limpiado con alcohol) para evitar que se contamine hasta colocarla en el punto de monitoreo.

##### **b) Durante el monitoreo**

- Ya que el cambio de placas se realizó una vez por semana durante los días que las placas estuvieron expuestas se estuvo pendiente y vigilante a las ocurrencias climatológicas, antropomórficas y/o condiciones circundantes.

##### **c) Después del monitoreo**

- Luego de que las placas fueron expuestas al ambiente por una semana, estas se recogieron y se cambiaron por placas nuevas previamente pesadas. Las placas recogidas fueron llevadas al laboratorio para ser pesadas en la balanza analítica y este peso se registró en el formato 01.

### **Procedimiento a seguir en campo**

- Se colocaron las casetas en los puntos designados para realizar el monitoreo y nuevamente se tomó las coordenadas con ayuda del GPS.
- Se aseguró de que el lugar donde fueron instaladas las casetas fuera accesible, seguro y este alejado de obstáculos que puedan interferir con la toma de la muestra. Ejemplo: el techo de una casa.
- Una vez se haya instalado la caseta se aseguró de tal manera que el viento no la hiciera caer. Seguidamente se colocó la placa de vidrio con vaselina sobre el soporte de la caseta.
- En el formato 02 que se adjuntó a la presente guía, se realizó una breve descripción del lugar donde se instaló la caseta y placa, así como las condiciones circundantes, por ejemplo: ubicada en el techo de casa de un piso la cual colinda con una chacra y un terreno baldío, frente a esta se encuentra la avenida Celestino Vargas.
- Semanalmente se reemplazaron las placas por otras nuevas. Las placas recogidas de todos los puntos fueron trasladados en sus respectivos recipientes al laboratorio para proceder a su pesaje. Así mismo se llevó un control semanal de las ocurrencias en el lugar de monitoreo y se registraron en el formato 02. Ejemplo: El día 05 de octubre hubo una precipitación (llovizna) desde las 14:00 hasta las 20:00 horas.
- Al séptimo día se dio por concluido el monitoreo de la semana ya que la placa debe permanecer en el punto de monitoreo por un periodo de 7 días calendario y este se cambia semanalmente.

#### **3.2.4. Elaboración de un mapa de dispersión del PAS en la zona de estudio.**

Mediante el uso del método IDW en un software libre de Sistema de Información geográfica, el cual se encargó de realizar un cálculo de concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable, mediante interpolación.

Se procesó un mapa con las concentraciones de PAS obtenidas en campo, por cada mes de muestreo, es decir, para el mes de setiembre y octubre, para una mejor visualización de los valores.

Finalmente, como resultado se generó un mapa de dispersión de Polvo Atmosférico Sedimentable de todos los puntos propuestos inicialmente en la grilla, específicamente, 30 puntos de muestreo.

### 3.3. Materiales y/o instrumentos

La presente investigación requirió de los siguientes materiales, equipos, entre otros.

Tabla 6.  
Requerimiento para la investigación

Materiales	Equipos	Otros
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaselina</li> <li>• Alcohol</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Guantes quirúrgicos</li> <li>• Paletas</li> <li>• Bata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casetas</li> <li>• Placas de vidrio 10x10 cm<sup>2</sup></li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• GPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara fotográfica</li> <li>• Libreta de apuntes</li> <li>• EPPS (Equipos de Protección Personal de Seguridad)</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.

Caseta y placa receptora para determinación de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)



### **3.4. Población y/o muestra de estudio**

#### **3.4.1. Población de estudio**

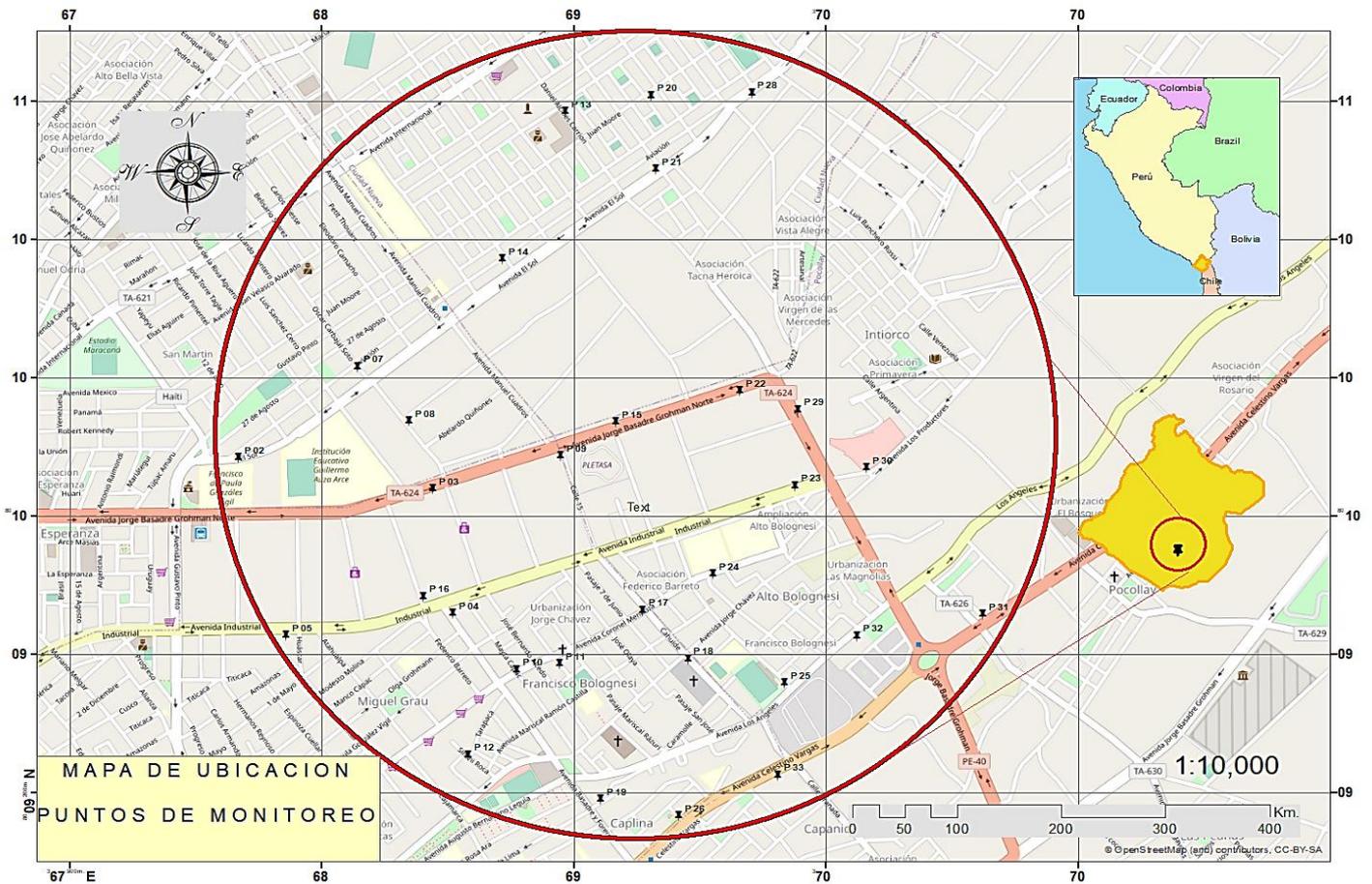
Nuestra población de estudio fue de 38 puntos de monitoreo los cuales se determinaron a partir de un radio de 1 kilómetro aproximadamente a un punto de ubicación de los establecimientos de la zona industrial perteneciente al cercado de Tacna.

#### **3.4.2. Tamaño de la muestra**

Se determinaron 38 puntos de monitoreo de los cuales por motivos de accesibilidad se descartaron 08 puntos, quedando 30 puntos de muestreo en campo de los cuales se colocaron las casetas y las placas receptoras debidamente codificadas.

El muestreo intencional es descrito por Arias (2012), como: "...en este caso los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador" (p. 85).

Figura 10.  
Mapa de los 30 puntos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia ArcGis versión 10.3.

### 3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1. Técnicas de procesamiento de información

##### Fuentes Primarias:

Recopilación de información de los 30 puntos de muestreo, determinados y ubicados dentro de la ciudad de Tacna, que consistió de:

- Recepción de información por cada punto de muestreo semanal por un periodo de dos meses, es decir, 60 días calendarios.
- Georefenciación de los puntos de muestreo.
- Determinación de los pesos obtenidos de las muestras monitoreadas de los 30 puntos, por medio de la técnica de pesado – diferencia de pesos.
- Evaluación de los puntos de muestreo que sobrepasaron los valores guía de la OMS.

#### **Fuentes Secundarias:**

Está basada en información adicional que ayude a evaluar los resultados obtenidos de las mediciones; tales como condiciones circundantes y ocurrencias que fueron detalladas en el Formato 2. Ello permitirá complementar la información primaria; las fuentes que se tomaron en cuenta son investigaciones anteriores, publicaciones, libros, folletos, revistas, periódicos, registros de instituciones y especialistas.

#### **3.5.2. Análisis de datos para Partículas Atmosféricas Sedimentables (PAS).**

- Previamente a la recolección de las muestras se pesaron los sustratos en una balanza analítica ya que estos nos sirvieron como recolectores de PAS.
- Al séptimo día de cada semana se procedió a recolectar las placas, cada una de ellas en sus respectivos embaces rotulados y con su peso inicial que fue previamente registrado en el formato 01.
- Se realizaron 30 recolecciones de muestras, cada 7 días, durante un tiempo total de muestreo de 60 días.
- Las muestras recolectadas los puntos de monitoreo fueron herméticamente selladas y no fueron abiertas hasta llevarlas al laboratorio para que sean respectivamente pesados en una

balanza analítica y la diferencia de pesos de las muestras pre y post monitoreo nos permitió conocer el peso de las partículas.

- Siendo hallado el peso de las partículas se realizó una proyección de la concentración teniendo en consideración el área de la superficie de la muestra utilizando la siguiente fórmula matemática:

Análisis de datos:

$$DP(g) = Pf(g) - Pi(g)$$

Donde:

***Dp***: diferencia de pesos (g)

***Pf***: peso final (g) = peso de placa + vaselina + PAS

***Pi***: peso inicial (g) = peso de placa + vaselina

Luego, se hace la siguiente relación:

***Dp*** (g) \_\_\_\_\_ 100 cm<sup>2</sup> (área placa de vidrio 10x10 cm de lado)

***X*** (g) \_\_\_\_\_ 1 cm<sup>2</sup> (área para encontrar la relación con los valores OMS)

Luego, el valor de X, que esta expresado en “g” (gramos), tiene que ser convertido a toneladas, para hallar la relación con el valor guía que establece la OMS para Polvo Atmosférico Sedimentables (PAS).

Valor guía de la OMS = 0.5 mg / cm <sup>2</sup> / 30 días
---

### 3.5.3. Generación de la Rosa de viento

La generación de rosa de viento es necesaria como guía para la interpretación de los mapas de dispersión generados, mostrando la

dirección de viento y por lo mismo la dispersión que existe en la zona, debido a factores netamente climatológicos. Estos datos se obtuvieron generando el siguiente cuadro para cada mes de muestreo.

La tabla muestra la dirección de viento y la velocidad diaria del mes de setiembre:

Tabla 7.

Datos meteorológicos del mes de setiembre 2020.

DIRECCION	DI A	VELOCIDAD	N	NNE	NE	ENE	E	ES E	SE	SS E	S	W	S W	WSW	W	WNW	NW	NNW
C	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	3		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	4		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	5		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
SE	6		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	8		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	9		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	10		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	11		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	12		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	13		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	14		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	15		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
C	16		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	17		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	18		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	19		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0		0	0	0	0	0
SE	20		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	21		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	22		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
SW	23		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	24		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	25		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	26		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	27		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	28		4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	29		2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	30		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI

La tabla muestra la dirección de viento y la velocidad diaria del mes de setiembre.

Tabla 8.

Datos meteorológicos del mes de octubre.

DIRECCION	DIA	VELOCIDAD	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
SE	1	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	3	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	4	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	5	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	7	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	9	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
SE	11	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	12	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	13	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	14	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	15	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	16	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	17	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
SE	18	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	20	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	21	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	22	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
SE	24	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	25	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	26	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	27	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	28	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	29	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	30	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	31	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI

La tabla muestra la dirección de viento y la velocidad diaria del mes de octubre.

### 3.5.4. Contraste de hipótesis general

#### Hipótesis planteada:

*“Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna”.*

Para contrastar la hipótesis general se realizó un contraste estadístico aplicando la prueba de **t de student**.

#### Procedimiento:

##### 1. Estadístico del test:

Prueba de Hipótesis t de student para una muestra.

##### 2. Hipótesis estadística

H<sup>o</sup>: Los valores promedios de PASS sobrepasa el valor de referencia de la OMS (0,5)

H1: Los valores promedios de PASS **NO** sobrepasa el valor de referencia de la OMS (0,5)

##### 3. Nivel de significación

$\alpha = 0,05$

Condición: Sí;  $p - \text{valor} \leq 0.05$ ; se acepta H1

##### 4. Calculo del estadístico

<b>Prueba t para una muestra</b>					
Valor de prueba = 0.5					
t	gl	Sig. (P-VALOR)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
				Inferior	Superior
5,846	59	1,000	3,213198	2,11345	4,31295

Fuente: Elaboración propia.

## 5. Decisión

Se acepta la hipótesis nula:

H°: Los valores promedios de PASS sobrepasa el valor de referencia de la OMS (0,5)

## 6. Conclusión

Por lo tanto se concluye que:

Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Tabla de control de pesos y gráficos

#### Metodología de placas receptoras:

Resultado de la tabla de control de pesos respecto a la diferencia los puntos de menor y mayor concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable a lo largo de todo el tiempo estudio.

Con la metodología de placas receptoras se obtuvo los resultados de los dos meses de monitoreo: cuyos meses fueron setiembre y octubre respectivamente. En la presente tabla se muestran los resultados obtenidos con el muestreo de campo cumpliendo con el periodo establecido y comparándola con los valores guías establecidos por la OMS.

Tabla 9.

Resultados del monitoreo de Placas Receptoras

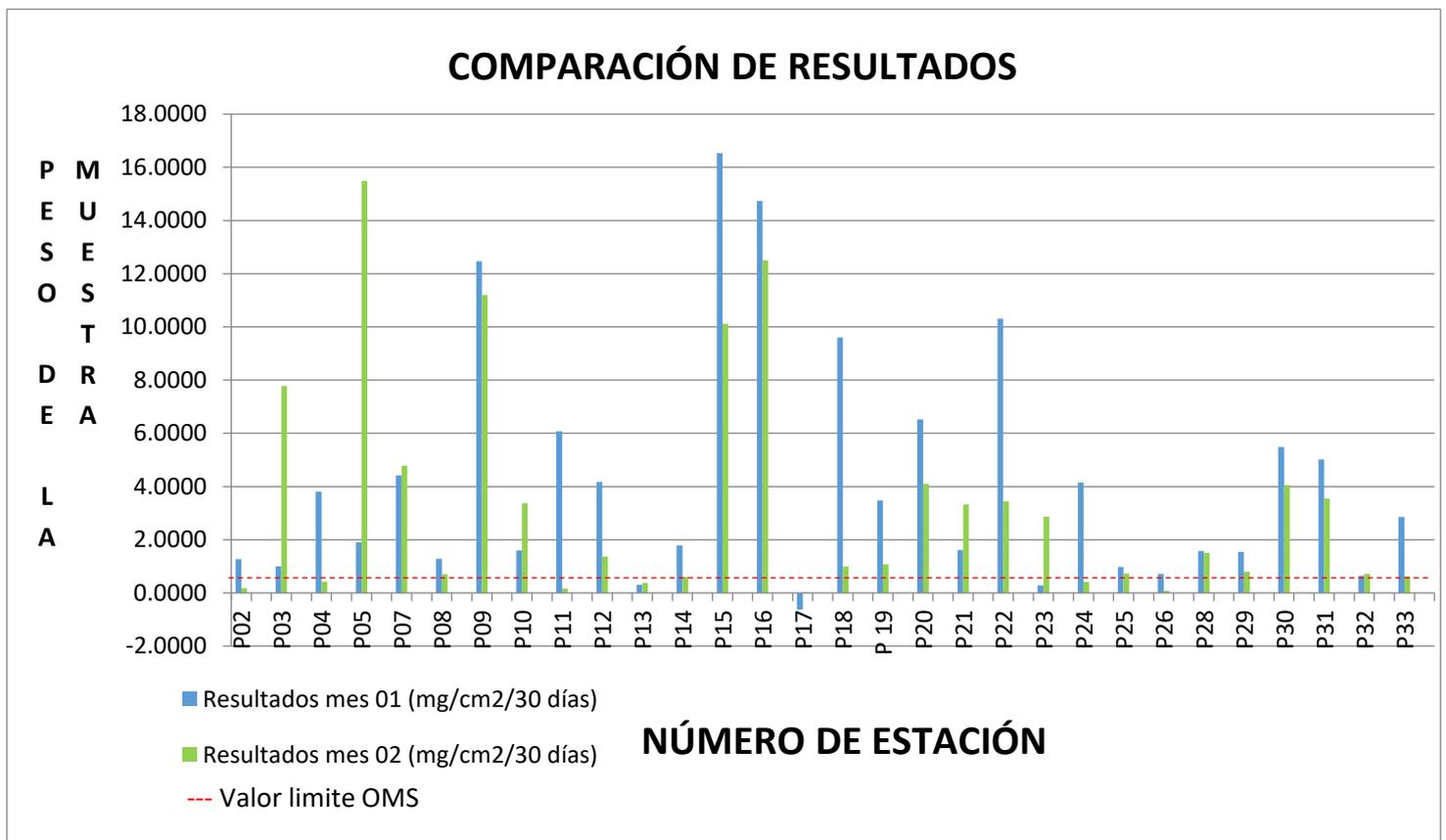
Estación	Coordenadas		Resultados mes 01 (mg/cm <sup>2</sup> /30 días)	Resultados mes 02 (mg/cm <sup>2</sup> /30 días)
	Este	Norte		
P 02	368370	8010165	1.2733	0.174
P 03	368909	8010075	1.0027	7.777
P 04	368964	8009715	3.8120	0.425
P 05	368501	8009652	1.9067	15.491
P 07	368699	8010428	4.4227	4.779
P 08	368843	8010271	1.2773	0.706
P 09	369264	8010170	12.4653	11.196
P 10	369143	8009552	1.5987	3.376
P 11	369262	8009570	6.0733	0.161
P 12	369008	8009306	4.1760	1.365
P 13	369277	8011165	0.3000	0.379
P 14	369103	8010739	1.7880	0.604
P 15	369416	8010268	16.5373	10.114
P 16	368883	8009764	14.7347	12.498
P 17	369491	8009725	-0.6280	0.025
P 18	369617	8009584	9.5960	0.984
P 19	369375	8009178	3.4790	1.082
P 20	369514	8011212	6.5267	4.101
P 21	369529	8010998	1.6133	3.325

P 22	369915	8010084	10.3000	3.446
P 23	369915	8010084	0.2760	2.865
P 24	369686	8009829	4.1467	0.409
P 25	369885	8009514	0.9693	0.724
P 26	369592	8009131	0.7200	0.079
P 28	369794	8011219	1.5787	1.504
P 29	369923	8010304	1.5373	0.793
P 30	370114	8010136	5.4893	4.054
P 31	370435	8009712	5.0173	3.543
P 32	370086	8009650	0.6413	0.714
P 33	369866	8009248	2.8507	0.623

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11.

Comparación de resultados de dos meses de monitoreo con placas receptoras



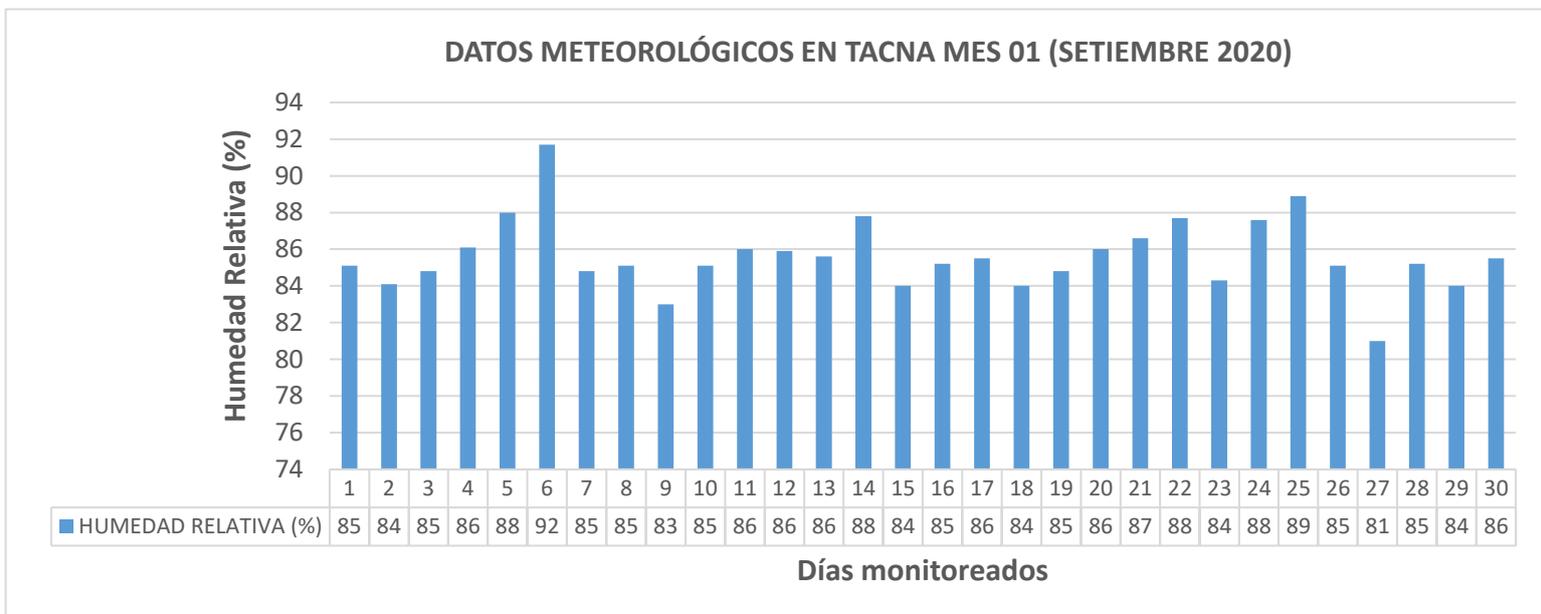
Fuente: Elaboración propia.

En el presente grafico se pudo observar la comparación de la oscilación de los resultados del monitoreo con el método pasivo de placas receptoras los cuales se dieron durante 2 meses (setiembre octubre). En el gráfico se observa la variabilidad del peso de las partículas e indicando cuales de estos sobrepasan los valores establecidos por la Organización Mundial de la Salud la cual esta resaltada con una línea roja punteada que indica el valor de 0.5 mg / cm<sup>2</sup> / 30 días el cual es el máximo valor permitido a nivel mundial.

#### 4.2. Humedad Relativa

Figura 12.

Datos diarios de Humedad Relativa de la Estación de Jorge Basadre en Tacna.

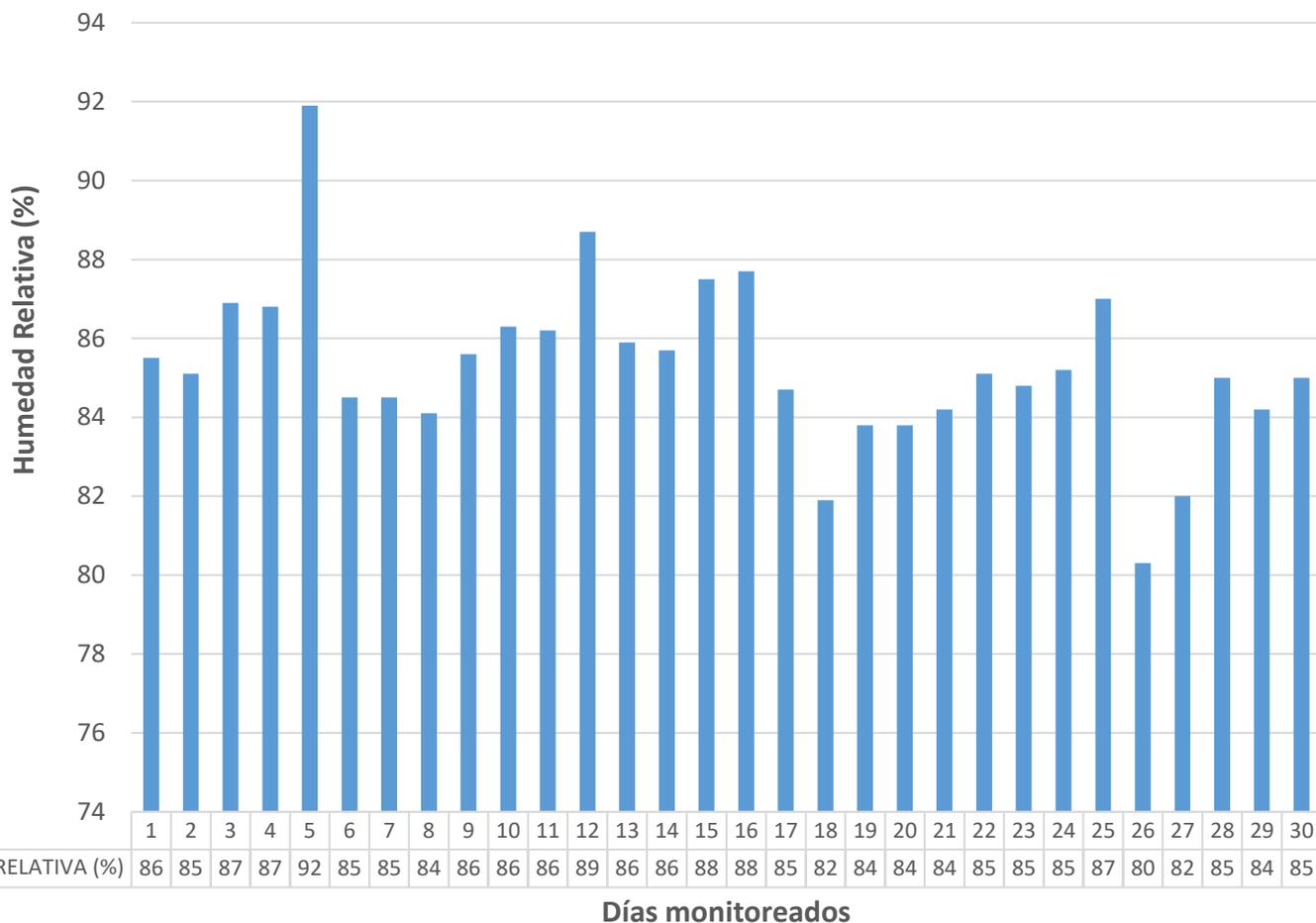


Fuente: Datos Hidrometeorológicos en Tacna del mes de setiembre correspondiente al primer mes de monitoreo (SENAMHI/DRD) (2020).

Figura 13.

Datos diarios de Humedad Relativa de la Estación de Jorge Basadre en Tacna.

**DATOS METEOROLÓGICOS EN TACNA MES 02 (OCTUBRE 2020)**



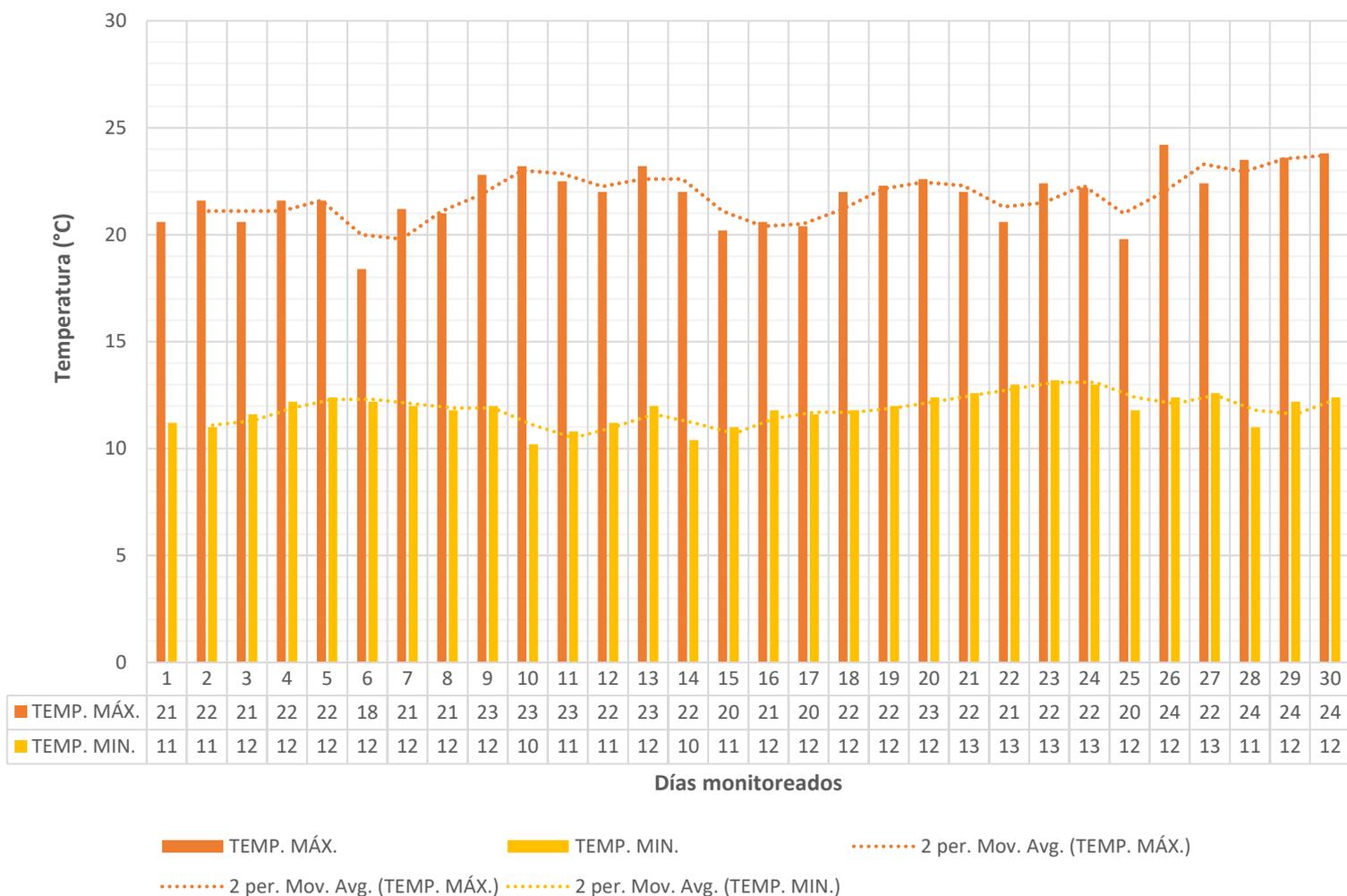
Fuente: Datos de Humedad Relativa en Tacna de los meses de Octubre correspondiente al segundo mes de monitoreo (SENAMHI/DRD) (2020).

**4.3 Temperaturas**

Figura 14.

Datos diarios de Temperaturas Máximas y Mínimas de la Estación de Jorge Basadre en Tacna.

### DATOS METEOROLÓGICOS EN TACNA MES 01 (SETIEMBRE 2020)



Fuente: Datos de Temperaturas Máximas y Mínimas en Tacna del mes de setiembre correspondiente al primer mes de monitoreo (SENAMHI/DRD) (2020).

Figura 15.

Datos diarios de Temperaturas Máximas y Mínimas de la Estación de Jorge Basadre en Tacna.

### DATOS METEOROLÓGICOS EN TACNA MES 02 (OCTUBRE 2020)

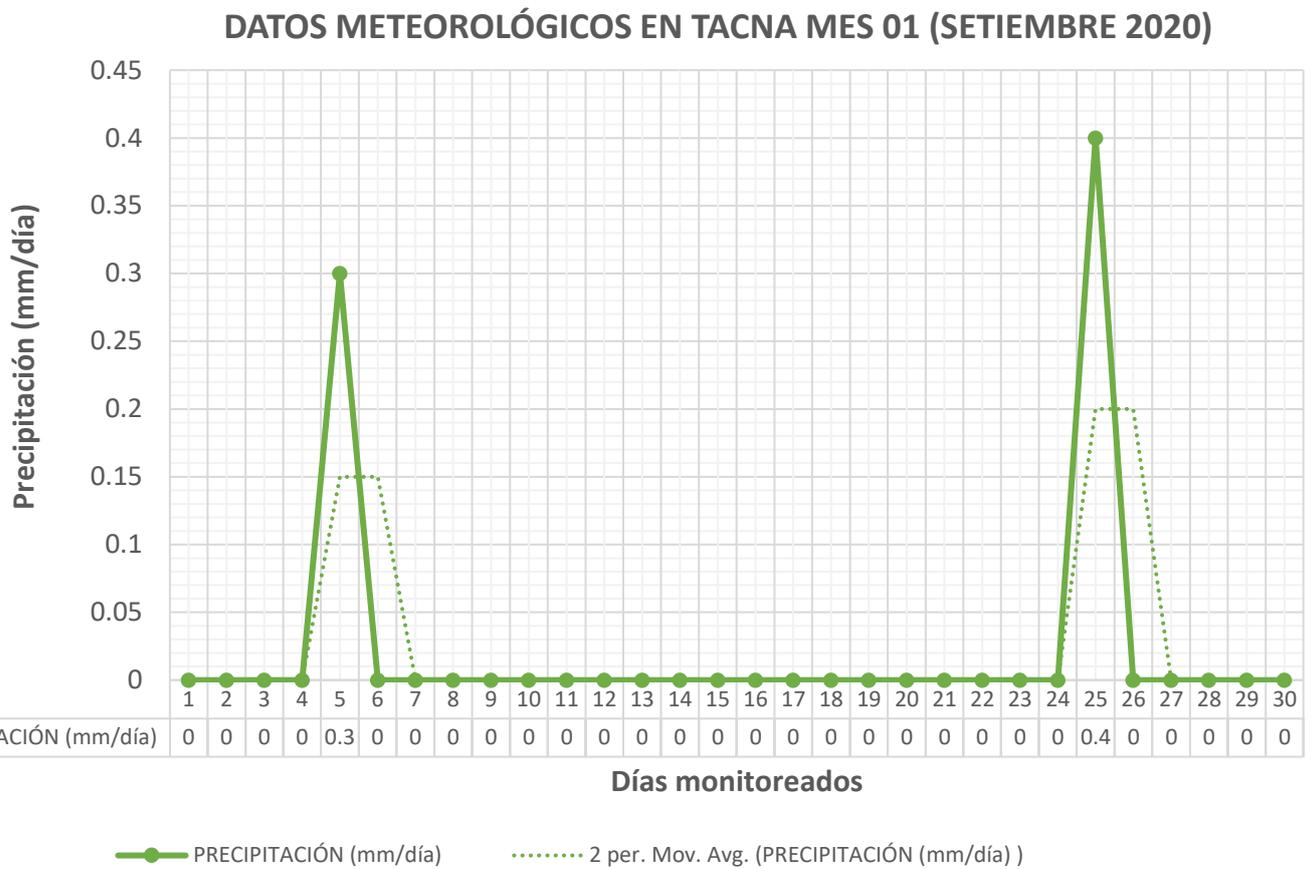


Fuente: Datos de Temperaturas Máximas y Mínimas en Tacna del mes de octubre correspondiente al segundo mes de monitoreo (SENAMHI/DRD) (2020).

#### 4.4. Precipitación

Figura 16.

Datos diarios de Precipitación de la Estación de Jorge Basadre en Tacna.

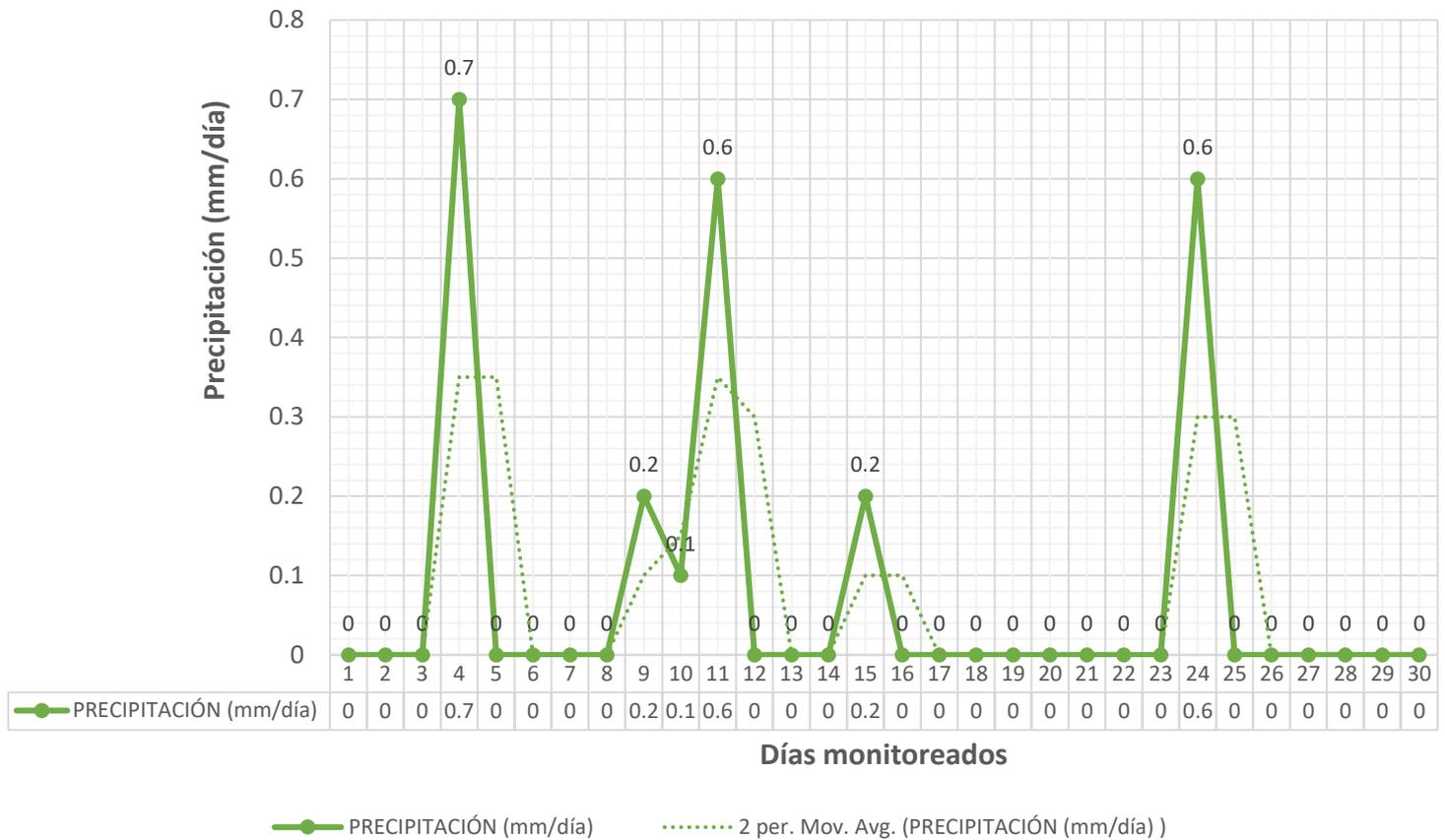


Fuente: Datos de Precipitación en Tacna del mes de setiembre correspondiente al primer mes de monitoreo (SENAMHI/DRD) (2020).

Figura 17.

Datos diarios de Precipitación de la Estación de Jorge Basadre en Tacna.

### DATOS METEOROLÓGICOS EN TACNA MES 02 (OCTUBRE 2020)



Fuente: Datos de Precipitación en Tacna del mes de octubre correspondiente al segundo mes de monitoreo (SENAMHI/DRD) (2020).

#### 4.5. Generación de la Rosa de viento

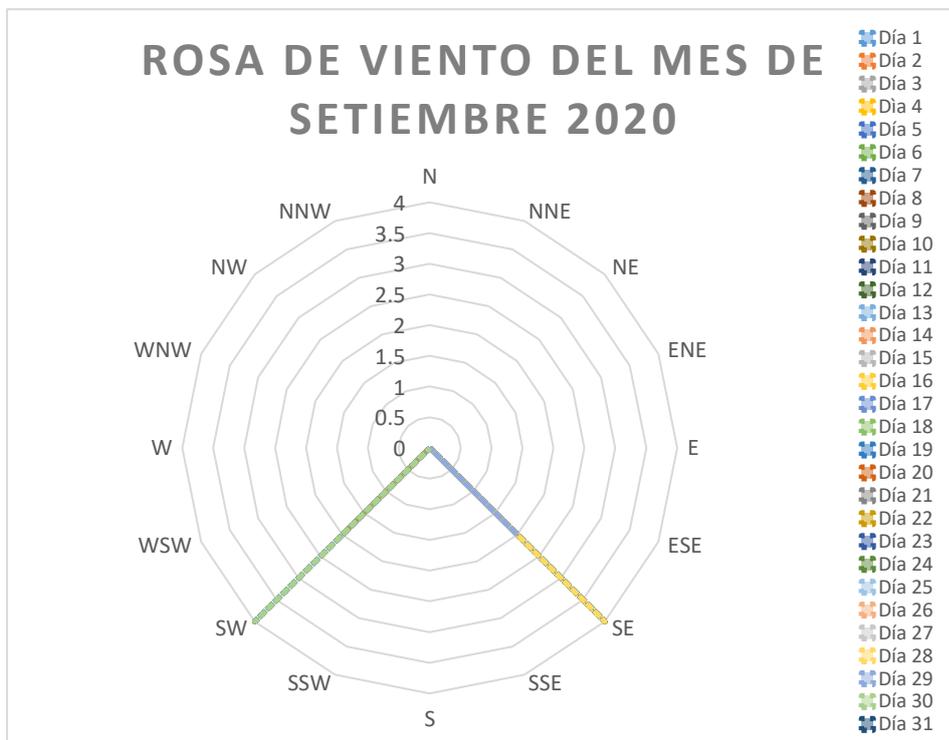
Se generó la rosa de viento en la zona de influencia directa de la ladrillera en funcionamiento, ubicada en la avenida industrial de la ciudad de Tacna.

Con datos climatológicos de velocidad y dirección de viento se logró generar la rosa de viento.

La rosa de viento nos indica que en el mes de setiembre la dirección de viento fue de sentido SE a SW.

Figura 18.

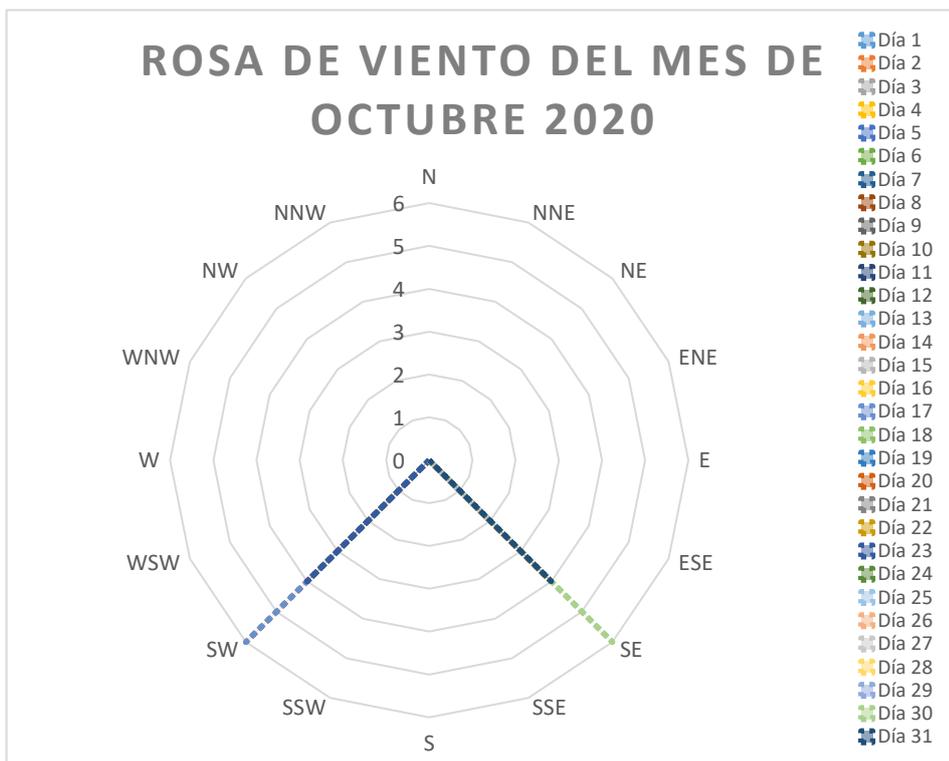
Rosa de viento correspondiente al mes de setiembre 2020.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19.

Rosa de viento correspondiente al mes de octubre 2020.



Fuente: Elaboración propia.

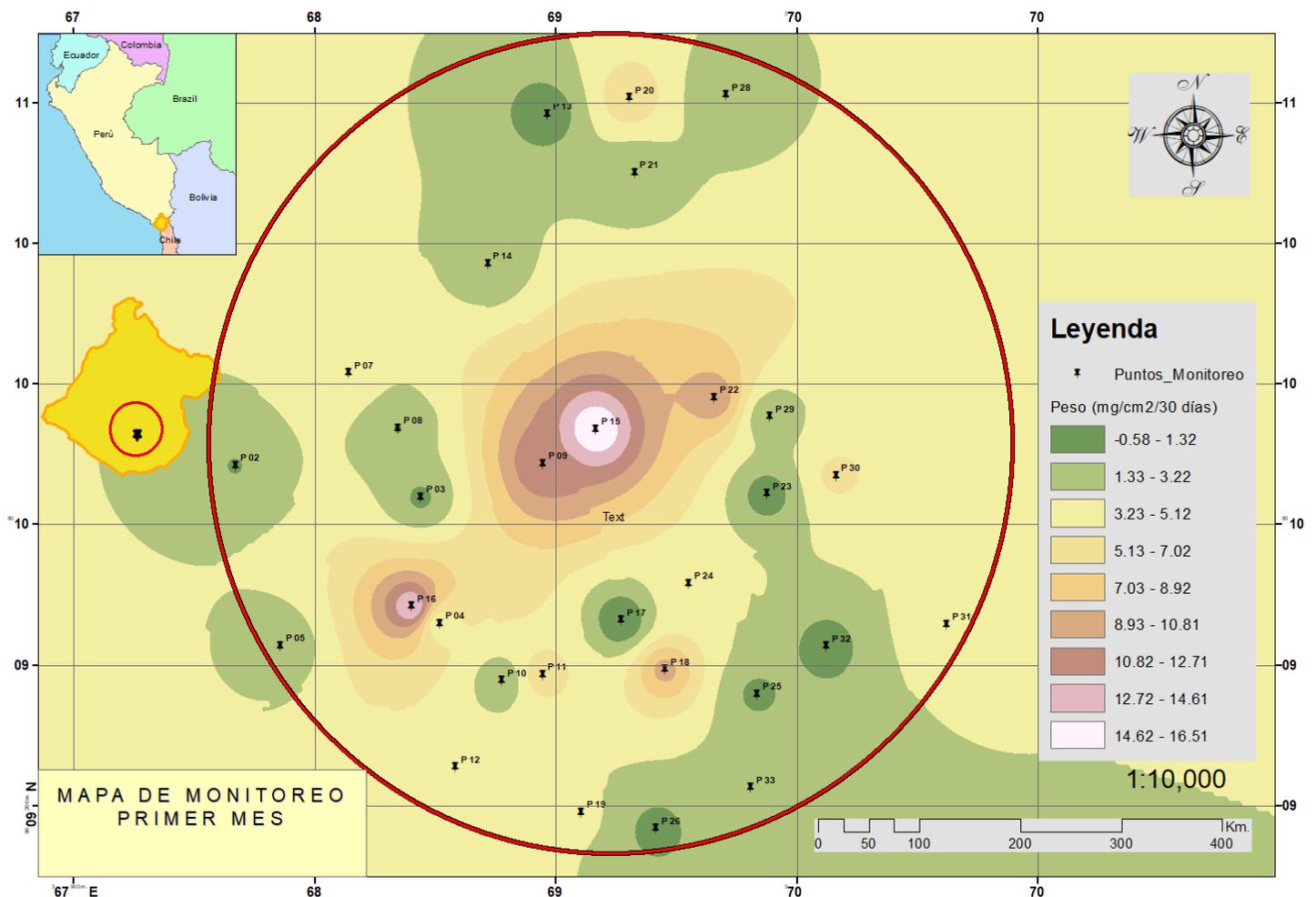
La rosa de viento nos indica que en el mes de setiembre y octubre la dirección de viento fue de sentido SE a SW.

#### 4.6. Modelamiento Geoestadístico

Se realizó el modelamiento con el método IDW (Interpolación lineal con la ponderación de la distancia inversa) por su proximidad a la concentración real de este parámetro y en cuanto a la visualización didáctica que presenta en los mapas generados en ArcGIS, permitiendo evidenciar con mayor facilidad zonas de mayor y menor concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable.

Figura 20.

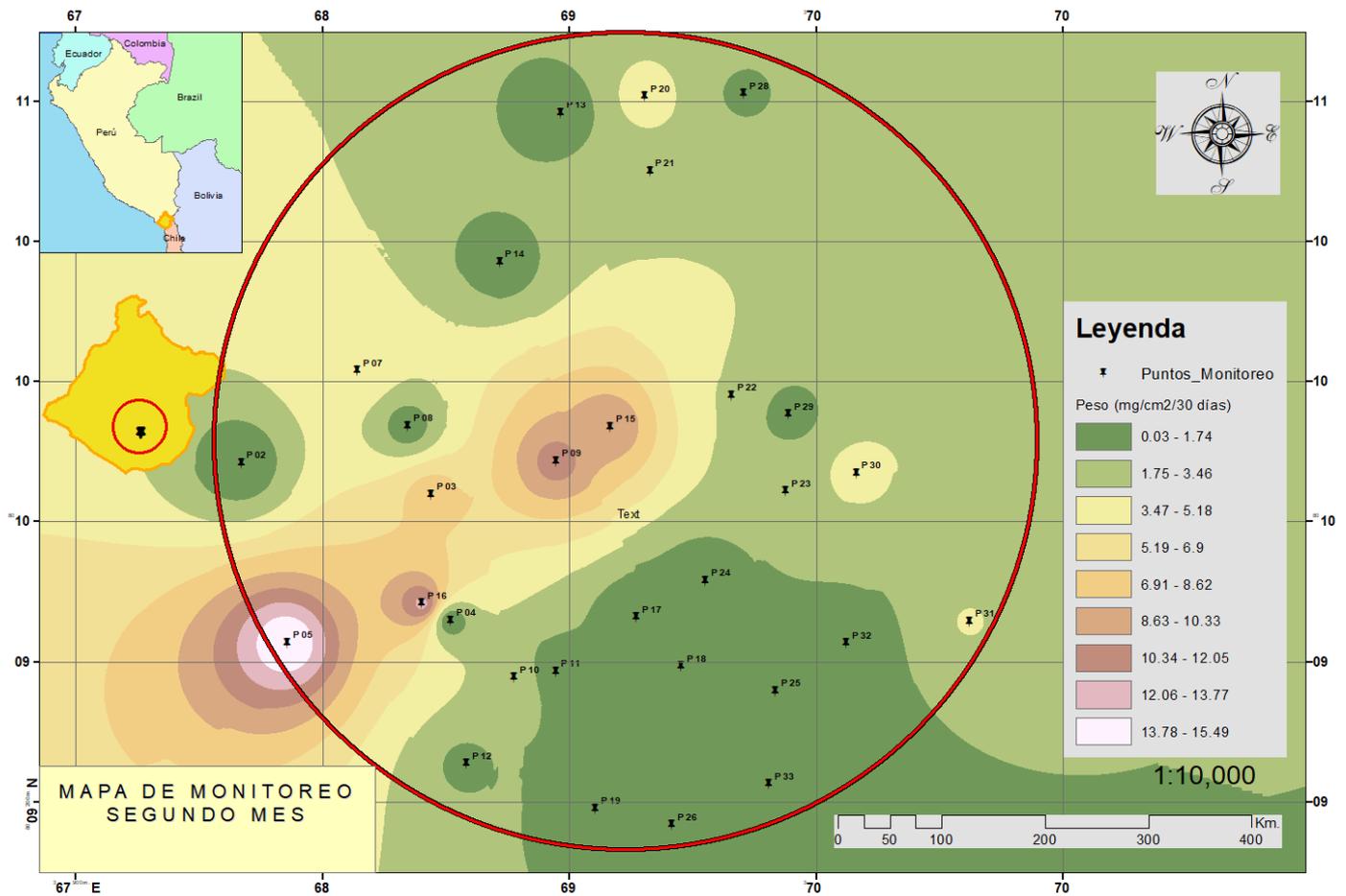
Resultados de concentración PAS Método de Placas Receptoras - primer mes.



Fuente: Elaboración propia con el programa ArcGis versión 10.3.

Figura 21.

Resultados de concentración PAS Método de Placas Receptoras - segundo mes.



Fuente: Elaboración propia con el programa ArcGis versión 10.3.

Tabla 10.

Identificación de puntos críticos de la zona de estudio de mayor a menor concentración de PAS correspondientes al mes de setiembre.

Estación	Coordenadas		Resultados mes 01 (mg/cm <sup>2</sup> /30 días)
	Este	Norte	
P15	369416	8010268	16.5373
P16	368883	8009764	14.7347
P09	369264	8010170	12.4653
P22	369915	8010084	10.3000
P18	369617	8009584	9.5960
P20	369514	8011212	6.5267
P11	369262	8009570	6.0733
P30	370114	8010136	5.4893
P31	370435	8009712	5.0173
P07	368699	8010428	4.4227
P12	369008	8009306	4.1760
P24	369686	8009829	4.1467
P04	368964	8009715	3.8120
P 19	369375	8009178	3.4790
P33	369866	8009248	2.8507
P05	368501	8009652	1.9067
P14	369103	8010739	1.7880
P21	369529	8010998	1.6133
P10	369143	8009552	1.5987
P28	369794	8011219	1.5787
P29	369923	8010304	1.5373
P08	368843	8010271	1.2773
P02	368370	8010165	1.2733
P03	368909	8010075	1.0027
P25	369885	8009514	0.9693
P26	369592	8009131	0.7200
P32	370086	8009650	0.6413

Fuente: Elaboración propia.

La variación en las concentraciones PAS en los puntos de monitoreo se ve influenciado por diversos factores como la dirección del viento, precipitación y actividades realizadas por el hombre como comercio, producción, construcción, entre otros.

Tabla 11.

Identificación de puntos críticos de la zona de estudio de mayor a menor concentración de PAS correspondientes al mes de octubre.

Estación	Coordenadas		Resultados mes 02 (mg/cm <sup>2</sup> /30 días)
	Este	Norte	
P05	368501	8009652	15.491
P16	368883	8009764	12.498
P09	369264	8010170	11.196
P15	369416	8010268	10.114
P03	368909	8010075	7.777
P07	368699	8010428	4.779
P20	369514	8011212	4.101
P30	370114	8010136	4.054
P31	370435	8009712	3.543
P22	369915	8010084	3.446
P10	369143	8009552	3.376
P21	369529	8010998	3.325
P23	369915	8010084	2.865
P28	369794	8011219	1.504
P12	369008	8009306	1.365
P 19	369375	8009178	1.082
P18	369617	8009584	0.984
P29	369923	8010304	0.793
P25	369885	8009514	0.724
P32	370086	8009650	0.714
P08	368843	8010271	0.706
P33	369866	8009248	0.623
P14	369103	8010739	0.604

Fuente: Elaboración propia.

La variación en las concentraciones PAS en los puntos de monitoreo se ve influenciado por diversos factores como la dirección del viento, precipitación y actividades realizadas por el hombre como comercio, producción, construcción, entre otros.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

1. Ramírez (2018), en su trabajo de investigación denominado "*Modelamiento geostadístico de mediciones de concentración de material particulado (PM10) para la validación de un método simplificado*"; la metodología que se utilizó fue el análisis geoestadístico de tres métodos: IDW, SPLINE, KRIGING, por medio del software ArcGIS. El que respondió de mejor manera al comportamiento de PM10 en la zona, fue el método Inverse distance weighted (IDW), permitiendo obtener la diferencia de menor y mayor concentración de PM10. En el presente estudio también se usó el sistema de interpolación geoestadístico; el cual permitió generar isolíneas y obtener valores en toda la zona de estudio, haciendo uso del método de Inverse distance weighted (IDW) se elaboró el mapa de dispersión del PAS para poder identificar las zonas críticas.
2. Según Marcos, Cabrera, Laos, Mamani & Valderrama (2008), en su proyecto, denominado "*Estudio comparativo para la determinación del polvo atmosférico sedimentable empleando las metodologías de tubos pasivos y de placas receptoras en la ciudad universitaria de San Marcos – Lima*"; se definió la concentración de Polvo sedimentable al igual que en el presente estudio, ya que se utilizó también la metodología de las placas receptoras, generando una grilla de 38 puntos, se colocaron 30 casetas y 30 placas receptoras de PAS, debido a la accesibilidad de la zona no se completó la grilla propuesta inicialmente, esta metodología nos permite interpolar la información del monitoreo de los 38 puntos logrando obtener resultados en toda la zona de estudio. Obteniendo como resultado que la metodología donde se encontró mayor área de concentración de polvo sedimentado fue la avenida industrial de Tacna. Nosotros utilizamos la metodología pasiva de placas receptoras, para determinar la concentración de polvo sedimentable, realizando un análisis estadístico llegando a la conclusión que la metodología propuesta es eficaz y económica.
3. Vargas (2019), realizó su investigación denominada "*Modelamiento geostadístico para la determinación de polvo atmosférico sedimentable, usando los métodos de colectores de polvo y placas receptoras en el área de influencia directa de una ladrillera en el Distrito de Calana - Tacna*"; se logró generar un mapa de dispersión de polvo atmosférico sedimentable, por concentración en la zona de estudio, haciendo uso del modelo geoestadístico Inverse Distance

Weighted, el cual también se utilizó en el presente estudio para poder determinar las zonas más significativas con respecto a las concentraciones de PAS de los meses de setiembre y octubre. Nosotros logramos generar mapas de dispersión de polvo atmosférico sedimentable, por concentración, en la zona de estudio, analizando la metodología en el cual se puede apreciar que para el caso de las placas receptoras la dispersión va en sentido sur oeste, apreciándose las mayores concentraciones en el cuadrángulo oeste correspondiente al segundo mes de monitoreo.

4. Miranda y Merma (2017) en su estudio *“Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (PM2.5, PM10) para la gestión de la calidad del aire 2017 en la ciudad de Tacna”* indicaron puntos críticos de contaminación, empleando la metodología de placas receptoras y en relación al material particulado (PM2,5 y PM10), el cual concluyó obteniendo un nivel de partículas sedimentables cuyo valor era de 1.07 mg/cm<sup>2</sup>/mes dentro de todas las estaciones de monitoreo, al igual que en el presente estudio se determinó 28 puntos significativos con respecto a los dos meses de monitoreo gracias a la metodología de diferenciación de pesos, estos resultados obtenidos indican que superan los niveles establecidos en la guía para partículas atmosféricas sedimentables de la Organización Mundial de la Salud - OMS, la cual está fijada en 0.50 mg/cm<sup>2</sup>/mes.

## CONCLUSIONES

- Se evaluó la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable dentro del área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna utilizando la metodología pasiva de placas receptoras con la cual se instaló casetas para el monitoreo dentro de viviendas y establecimientos con accesibilidad factible debido a las circunstancias por las cuales está pasando actualmente la población ya que por medidas de salubridad y prevención de contagios no se pudo lograr el acceso a ciertos puntos.
- Se obtuvo como resultado que de los 30 puntos de muestreo en el área de influencia en la zona industrial de Tacna, 28 de estos puntos sobrepasan el valor guía de 0.5 mg/cm<sup>2</sup>/30 días establecido por la Organización Mundial de la Salud, cabe resaltar que estos 28 puntos se encuentran distribuidos a lo largo de la zona de estudio las cuales abarcan el área comercial del parque industrial así como la zona residencial que es donde se concentra los mayores números de habitantes esto incluye partes del cercado de Tacna, el distrito de Pocollay y el distrito de Alto de la Alianza.
- Se identificó y determinó las condiciones meteorológicas dentro de la zona de estudio gracias a información procesada y obtenida por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, a través de la cual se pudo evidenciar la variación de la temperatura, humedad, precipitación y la velocidad y dirección del viento las cuales influyen en las concentraciones de PAS obtenidos.
- Se identificaron puntos críticos en la zona en área de estudio, los cuales corresponden a establecimientos industriales, estas se consideran como las fuentes generadoras de PAS y presentaron durante los dos meses de monitoreo valores superiores a lo establecido por la OMS que es de 0.5 mg / cm<sup>2</sup> / 30 días. Dichos establecimientos fueron P09: 12.4653 mg/cm<sup>2</sup>/30 días; 11.196 mg/cm<sup>2</sup>/30 días (Planta Supermix), P15: 16.5373 mg/cm<sup>2</sup>/30 días; 10.114 mg/cm<sup>2</sup>/30 días (Ladrillos Maxx), P16: 14.7347 mg/cm<sup>2</sup>/30 días; 12.498 mg/cm<sup>2</sup>/30 días (Ladrillera Maxx) y P22: 10.3000 mg/cm<sup>2</sup>/30 días; 3.446 mg/cm<sup>2</sup>/30 días (Consorcio Industrial Pesquero).
- Se elaboró un mapa de dispersión del PAS mediante el uso del software ArcGIS versión 10.3. y la aplicación del método IDW Interpolación lineal con la ponderación de la distancia inversa, este mapa permitió apreciar las zonas que presentan mayor

y menor concentración de PAS mediante un rango de colores en el cual se muestra la influencia de la velocidad y dirección del viento

## RECOMENDACIONES

- Sugerir a las autoridades competentes de la ciudad como la Municipalidad Provincial de Tacna y la Dirección Regional de Salud puedan elaborar e implementar un plan de monitoreo en los puntos críticos los cuales se encuentran dentro de la zona de estudio.
- Considerar realizar un monitoreo continuo de los puntos críticos en los cuales se identificaron las mayores concentraciones de PAS.
- Implementar medidas de mitigación para la propagación de polvo atmosférico dentro de la zona industrial de Tacna.
- Este estudio nos permite tener valores promedios luego de una exposición por treinta días y al ser un método pasivo este no permite obtener resultados de concentraciones horarias. Sin embargo, sirve como base de referencia para la identificación de puntos de muestreo para así poder establecer una red de monitoreo y vigilancia de la calidad del aire.
- Para realizar el mapa de dispersión de partículas se recomienda usar el programa a ArcGis a una escala en la cual se pueda apreciar con claridad las zonas de mayor concentración de PAS.
- Se recomienda realizar este estudio durante las estaciones de menor intensidad solar y/o precipitaciones ya que así es posible evitar la alteración de pesos en las muestras por evaporación o presencia de partículas de agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A.
- Cotrina, J. S. (2008). Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la zona metropolitana de Lima-Callao. Lima.
- DIGESA. (2005). *Protocolo de Calidad del Aire*. Perú.
- Escobar, A. M., & Aquino, D. M. (2012). "Comparación de los Métodos De Bergerhoff y Placas Receptoras Para la Cuantificación de Polvo Atmosférico Sedimentable". San Salvador.
- Marcos, R., Cabrera, M. L., Mamani, D., & Valderrama, A. (2008). Estudio comparativo para la determinación del polvo atmosférico sedimentable empleando las metodologías de tubos pasivos y de placas receptoras en la ciudad universitaria de San Marcos - Lima. Lima, Perú.
- Miranda, J., & Merma, L. (2017). Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>) para la gestión de la calidad de aire 2017 en la ciudad de Tacna. Tacna, Peru.
- Motocanche, D. (2019). Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en los niveles de material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en la construcción del Hospital Hipólito Unanue. Tacna, Peru.
- OMS. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.
- OMS. (s.f.). *Página web oficial de la Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/about/es/>
- Salvador, P. (2005). Caracterización de la contaminación atmosférica producidas por partículas en suspensión en Madrid. Madrid, España.
- SENAMHI (2020) Boletín Climático Nacional del mes de Marzo 2020

- Zapata, C., Quijano, R., Molina, E., Rubiano, C., & Londoño, G. (2009). Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire en el Valle de aburra con Medidores Pasivos. Redalyc, 19.
- Chirinos, L., & Mallqui, C. (2016). Comparación entre Interpoladores Espaciales en el Estudio de Dsistribución de Partículas Sedimentables Insolubles en la Cuenca Atmosférica de Lima y Callao. *Scielo*, 111-120.
- Bravo, L. (2017). Determinación y caracterización de material particulado sedimentable en el casco urbano del cantón Portovelo. Cuenca, Ecuador.
- Billet, S., Garcon, G., Dagher, Z., Verdin, A., Ledoux, F., Cazier, F., . . . Shirali, P. (2007). Ambient particulate matter (PM2.5): Physicochemical characterization and metabolic activation of the organic fraction in human lung epithelial cells (A549). *ELSEVIER*.
- De nevers, N. (2000). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. México: MEXICO : MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Flores, F. (2017). Determinación de la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables, mediante el método de muestreo pasivo, en la ciudad de Morales, provincia de San Martín, 2015. Moyobamba, Perú.
- García, F. (2004). Aplicación de la geoestadística en ciencias ambientales. *Ecosistemas*.
- Harrison, R., & Van Greeking, R. (1998). *Atmospheric particles: (Vol. 5)*. New York, Singapoer, Toronto: IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems.
- Meza, C. (2006). *Modelamiento SIG para identificar los cambios del Río Ucayali y su influencia ambiental (Sector Pucallpa)*. Lima.
- Mosco, D., Vázquez, V., & Astudillo, A. (2015). Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de la Cuenca - Ecuador. *ITECKNE - Innovación e Investigación en Ingeniería*.
- Schwela, D. D. (2009). Texto de Referencia sobre Transporte Urbano Sostenible para Formuladores de Políticas Públicas de ciudades en Desarrollo: Gestión de

Calidad del Aire. En D. D. Schwela. Eschborn, Alemania: Manfred Breithaupt, Andy Obermeyer.

Valverde, J. (2017). Evaluación de la calidad de aire en la intersección de la Av. Universitaria con Panamericana Norte - Los Olivos, Lima. *Revista del instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*.

Whitby, K. T. (1978). *The physical characteristics of sulfur aerosols, Atmospheric environmental*.

Antiñano, B., & Salvador, P. (2000). Evaluación de la Contaminación Atmosférica producida por Partículas en Suspensión en la Redes de Calidad de Aire de la comunidad de Madrid. Madrid, España.

Aragón, P., Catala, M., & Tortajada, L. (2014). *Prácticas de contaminación atmosférica*. España.

Arciniégaz Suárez, C. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: Partículas Suspendidas totales y Fracción respirable PM10. *Scielo*, 195 - 213.

Billet, S., Garcon, G., Dagher, Z., Verdin, A., Ledoux, F., Cazier, F., . . . Shirali, P. (2007). Ambient particulate matter (PM2.5): Physicochemical characterization and metabolic activation of the organic fraction in human lung epithelial cells (A549). *ELSEVIER*.

Bravo, L. (2017). Determinación y caracterización de material particulado sedimentable en el casco urbano del cantón Portovelo. Cuenca, Ecuador.

Cañada, R., & Moreno, A. (2015). Monitoreo con SIG de la calidad de la atmósfera urbana para la gobernanza local: el caso de Madrid. *Ciencias Espaciales*, 451.

CENEPRED. (2015). *Manual Para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales*.

Chirinos, L., & Mallqui, C. (2016). Comparación entre Interpoladores Espaciales en el Estudio de Dsitribución de Partículas Sedimentables Insolubles en la Cuenca Atmosférica de Lima y Callao. *Scielo*, 111-120.

Consulting, E. 2. (2013). *Modelamiento de emisiones de gases y partículas de la unidad productiva minsur - Planta de fundición Pisco*. Pisco.

- De nevers, N. (2000). *Ingeniería de control de la contaminación del aire*. México: MEXICO : MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Flores, F. (2017). Determinación de la cantidad de partículas atmosféricas sedimentables, mediante el método de muestreo pasivo, en la ciudad de Morales, provincia de San Martín, 2015. Moyobamba, Perú.
- Gaitán, M., Cancino, J., & Behrentz, E. (2007). Análisi de la calidad de aire en Bogotá. *Redalyc*, 13.
- García, F. (2004). Aplicación de la geoestadística en ciencias ambientales. *Ecosistemas*.
- Harrison, R., & Van Greeking, R. (1998). *Atmospheric particles: (Vol. 5)*. New York, Singapor, Toronto: IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems.
- IPCC. (2014). Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*.
- Kulkarni, P., Baron, P., & Willeke, K. (2011). *Aerosoul Measurement: Principles, techniques and applications*. Orlando, California.
- Lu, G., & Wong, D. (2008). An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. *ELSERVIER*, 12.
- Marcos, R., Cabrera, M. L., Mamani, D., & Valderrama, A. (2008). Estudio comparativo para la determinación del polvo atmosférico sedimentable empleando las metodologías de tubos pasivos y de placas receptoras en la ciudad universitaria de San Marcos - Lima. Lima, Perú.
- Meza, C. (2006). *Modelamiento SIG para identificar los cambios del Río Ucayali y su influencia ambiental (Sector Pucallpa)*. Lima.
- MINSA. (2019). Población estimada por edades simples y grupos de edad, según departamento, provincia y distrito 2019. Perú.
- Miranda, J., & Merma, L. (2017). Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>) para la gestión de la calidad de aire 2017 en la ciudad de Tacna. Tacna, Peru.

- Mosco, D., Vázquez, V., & Astudillo, A. (2015). Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de la Cuenca - Ecuador. *ITECKNE - Innovación e Investigación en Ingeniería*.
- Motocanche, D. (2019). Evaluación de la influencia de las condiciones meteorológicas en los niveles de material particulado PM10 y PM2.5 en la construcción del Hospital Hipólito Unanue. Tacna, Peru.
- Muralikrishna, Y., & Manickam, V. (2017). *Environmental Management*.
- OMS. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.
- Ramírez, L. J., Armijos, M., Crespo, M., Pino, S., & Álvarez, C. (01 de mayo de 2018). Modelamiento geoestadístico de mediciones de concentración de material particulado (PM10) para la validación de un método simplificado. *Anales científicos*, 91.
- Reyes, C. (2015). Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos SO<sub>2</sub> y PM10, emitidos por la refinería estatal de Esmeraldas en el año 2015. Riobamba, Ecuador.
- Roberts, A. (2000). *Manual de Control de Calidad del Aire*. México.
- Rodriguez, L. (2018). Partículas atmosféricas sedimentables en el casco urbano del distrito de Castillo Grande, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. Huánuco, Leoncio Prado, Perú.
- Salvador, P. (2005). Caracterización de la contaminación atmosférica producidas por partículas en suspensión en Madrid. Madrid, España.
- Schwela, D. D. (2009). Texto de Referencia sobre Transporte Urbano Sostenible para Formuladores de Políticas Públicas de ciudades en Desarrollo: Gestión de Calidad del Aire. En D. D. Schwela. Eschborn, Alemania: Manfred Breithaupt, Andy Obermeyer.
- USGS. (s.f.). *EarthExplorer*. Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Valverde, J. (2017). Evaluación de la calidad de aire en la intersección de la Av. Universitaria con Panamericana Norte - Los Olivos, Lima. *Revista del instituto*

*de investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.*

Whitby, K. T. (1978). *The physical characteristics of sulfur aerosols, Atmospheric environmental.*

Zapata, C., Quijano, R., Molina, E., Rubiano, C., & Londoño, G. (2009). Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire en el Valle de aburra con Medidores Pasivos. *Redalyc*, 19.

García, F. (2004). Aplicación de la geoestadística en ciencias ambientales. *Ecosistemas.*

Schwela, D. D. (2009). Texto de Referencia sobre Transporte Urbano Sostenible para Formuladores de Políticas Públicas de ciudades en Desarrollo: Gestión de Calidad del Aire. En D. D. Schwela. Eschborn, Alemania: Manfred Breithaupt, Andy Obermeyer.

**ANEXOS**

**ANEXO 1 – FORMATO 1.**

**MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE POR MÉTODO PASIVO PLACAS**

**RECEPTORAS**

***ANÁLISIS EN LABORATORIO***

<b>Estación</b>	<b>P 01</b>	<b>Coordenadas</b>	
<b>Semana</b>	<b>Peso placa + vaselina (Pi) g</b>	<b>Peso placa + vaselina + PAS (Pf) g</b>	<b>Pf – Pi (g)</b>
1			
2			
3			
4			
<b>Resultado de los 30 días</b>			

<b>Estación</b>	<b>P 02</b>	<b>Coordenadas</b>	
<b>Semana</b>	<b>Peso placa + vaselina (Pi) g</b>	<b>Peso placa + vaselina + PAS (Pf) g</b>	<b>Pf – Pi (g)</b>
1			
2			
3			
4			
<b>Resultado de los 30 días</b>			

**ANEXO 2 – FORMATO 2.**

**MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE POR MÉTODO PASIVO**

***INFORMACIÓN DE CAMPO***

<b>Estación</b>	<b>P 01</b>	<b>Ubicación</b>	
<b>Coordenadas</b>		<b>Condiciones circundantes</b>	
<b>Semanas</b>	<b>Observaciones/Ocurrencias</b>		
<b>1</b>			
<b>2</b>			
<b>3</b>			
<b>4</b>			

**ANEXO 3 – MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>Formulación General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	Concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable	Partículas Atmosféricas Sedimentables	Valores guía de la OMS t/km <sup>2</sup> /mes (toneladas por kilómetro cuadrado en un mes)	<b>La metodología a usar será el de monitoreo pasivo mediante muestreo con placas receptoras.</b>
¿Cuál será la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna?	Evaluar la concentración de Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS) en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna.	Las concentraciones de Polvo Atmosférico Sedimentable sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud en el área de influencia directa de la zona industrial del cercado de Tacna.	Humedad relativa	Condiciones meteorológicas	% (Porcentaje)	
			Temperatura	Temperatura máxima y mínima	°C (Grados Celsius)	
			Velocidad y Dirección del viento	Condiciones meteorológicas	m/s (Metros por segundo) N, NE, E, SE, S, SO, O, NO	
			Tiempo	Temporal	Mensual	

---

<b>Formulación Específica</b>	<b>Objetivos Específicos</b>
¿Cómo se obtendrá la concentración de PAS en el área de influencia directa de la zona industrial del mercado de Tacna sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud?	Determinar si la concentración de PAS en el área de influencia directa de la zona industrial del mercado de Tacna sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud.

---

---

¿Cómo se podrá determinar las condiciones meteorológicas en la zona de estudio?

Determinar las condiciones meteorológicas en la zona de estudio.

---

¿De qué manera se determinará los puntos críticos en los que sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud?

Determinar los puntos críticos en los que sobrepasan los valores guía de la Organización Mundial de la Salud.

---

¿Cómo se elaborará un mapa de dispersión del PAS en la zona?

Elaborar un mapa de dispersión del PAS en la zona.

---

## ANEXO 4 – PANEL FOTOGRÁFICO

### CAMPO – Identificación de la zona de estudio

**Fotografía 1. Identificación de posibles puntos de monitoreo de acuerdo a la accesibilidad.**



Nota: Avenida Jorge Basadre.

**Fotografía 2. Entrega de permisos en los establecimientos, empresas, industrias y viviendas.**



Nota: Punto 30 – Mercado 24 de junio.

**CAMPO – Toma de coordenadas y registro de ocurrencias**

**Fotografía 3. Toma de coordenadas.**



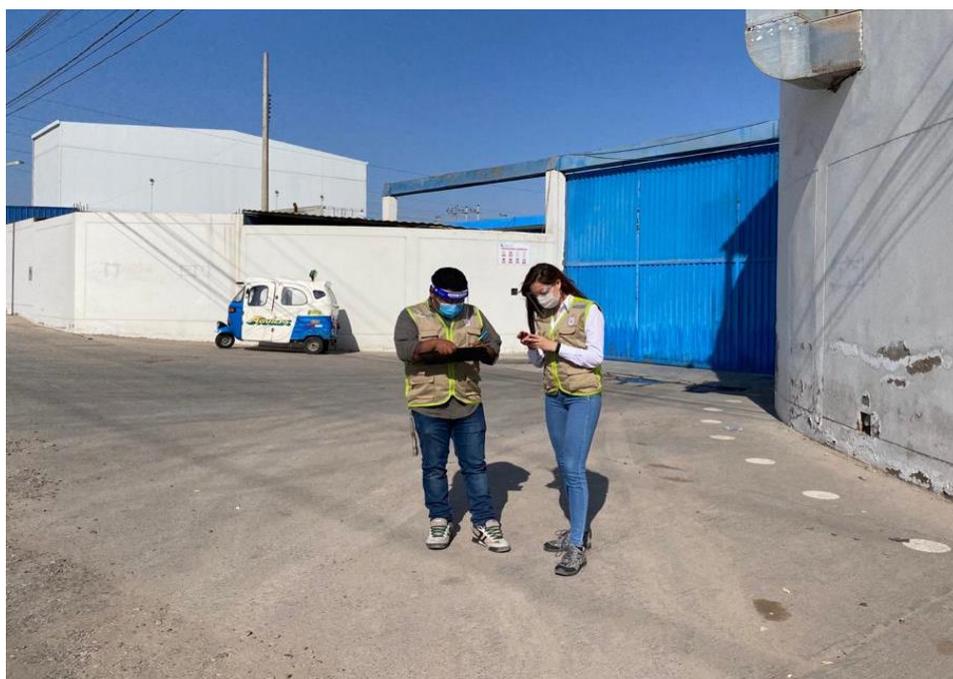
Nota: Punto 09 – Agregados Supermix.

**Fotografía 4. Identificación de ocurrencias a los alrededores.**



Nota: Punto 09 – Agregados Supermix.

**Fotografía 5. Toma de coordenadas del Consorcio Industrial Pesquero.**



Nota: Punto 22 – Consorcio Industrial Pesquero.

**Fotografía 6. Identificación de ocurrencias a los alrededores del Estadio de Pocollay.**



Nota: Punto 25 – Estadio de Pocollay.

**Fotografía 7. Toma de coordenadas in situ luego de la instalación de la caseta en el Estadio de Pocollay.**



Nota: Punto 25 – Estadio de Pocollay.

**Fotografía 8. Identificación de ocurrencias.**



Nota: Punto 19 – Vivienda de Andrea cerca a la Empresa Prestadora de Servicios.

**Fotografía 9. Toma de coordenadas.**



Nota: Punto 13 - Ladrillos Maxx.

**CAMPO – Muestreo partículas atmosféricas sedimentables**

**Fotografía 10. Inicio del periodo de muestreo.**



Nota: Punto 05 – Construcción del nuevo centro comercial en la Av. Industrial.

**Fotografía 11. Cambio de placa para la toma de muestra.**



Nota: Punto 23 – Almacén Jenny ubicada en la Av. Industrial.

**Fotografía 12. Cambio de placa para la toma de muestra.**



Nota: Punto 12 – Vivienda Adriana ubicada a la paralela del Mercadillo Bolognesi.

**Fotografía 13. Cambio de placa para la toma de muestra.**



Nota: Punto 02 – I.E. Auza Arce.

**Fotografía 14. Instalación de la placa receptora para el monitoreo.**



Nota: Punto 03 – Grifo Repsol.

**Fotografía 15. Instalación de la placa receptora para el monitoreo.**



Nota: Punto 10 – Almacén Vikingo ubicado en la Av. Industrial.

**LABORATORIO – Rotulado de los recipientes y preparación del medio colector (placa + material adherente)**

**Fotografía 16. Rotulado de los 30 recipientes.**



Nota: Laboratorio de química de la FAING.

**Fotografía 17. Registro de pesos semanales.**



Nota: Análisis de pesos en laboratorio de química de la FAING.

**Fotografía 18. Apoyo en laboratorio.**



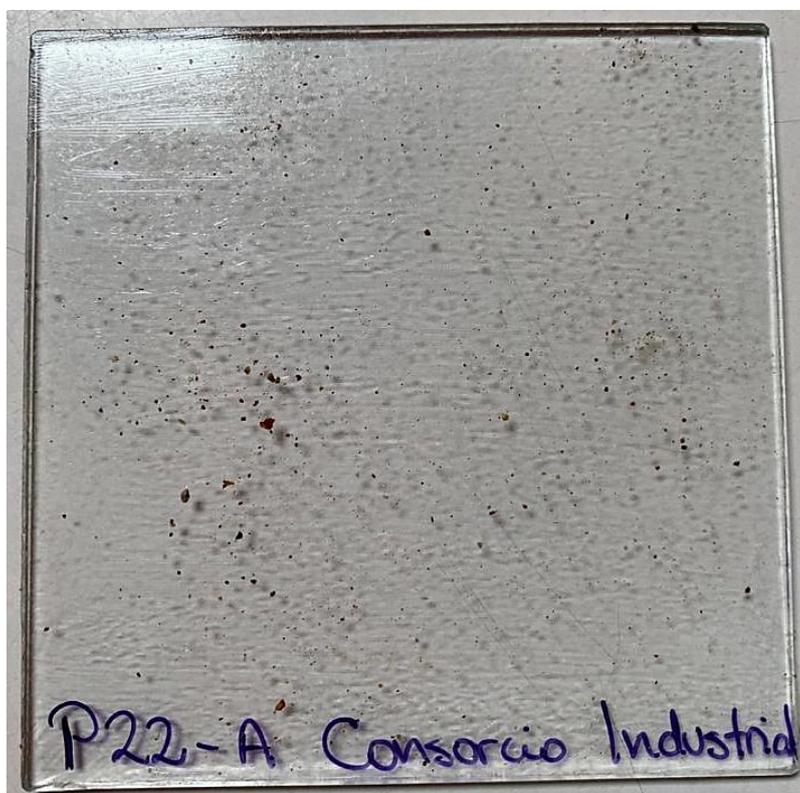
Nota: Análisis de pesos en laboratorio de química de la FAING con el apoyo del Ing. Monroy.

**Fotografía 19. Identificación de muestra significativa.**



Nota: Punto 11 – Vivienda Jeissy ubicada a la paralela del Mercadillo Bolognesi.

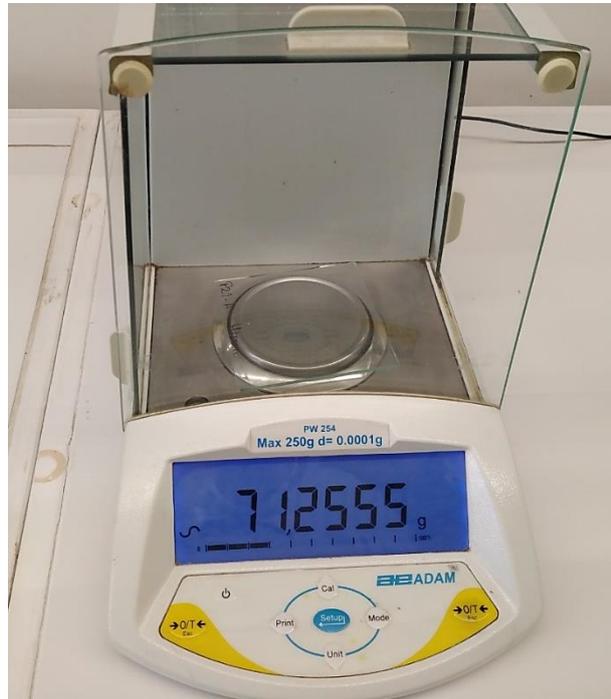
**Fotografía 20. Identificación de muestra significativa.**



Nota: Punto 22 – Consorcio Industrial Pesquero ubicado en la Av. Industrial.

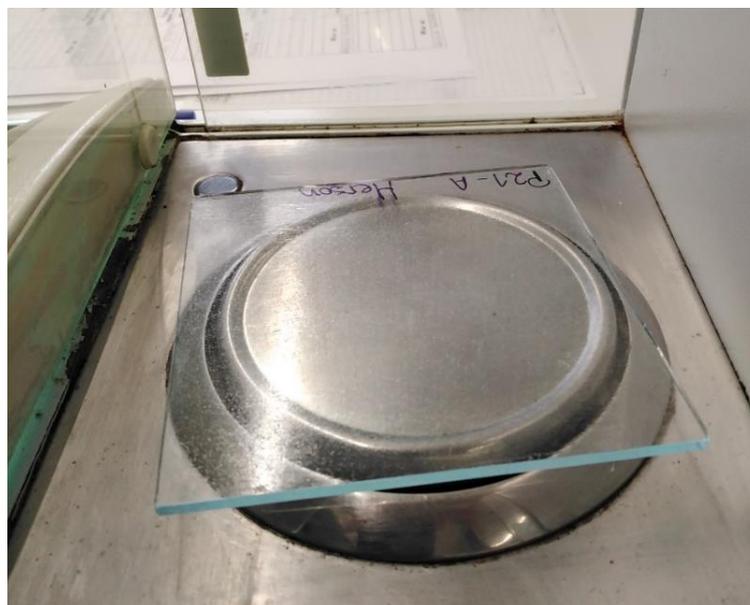
**LABORATORIO – Pesaje semanal de las muestras monitoreadas.**

**Fotografía 21. Pesaje de muestra.**



Nota: Pesaje correspondiente al Punto 33 – Vivienda Alejandro.

**Fotografía 22. Pesaje de muestra.**



Nota: Pesaje correspondiente al Punto 21 – Vivienda de Herson.

**Fotografía 23. Calibración de la balanza analítica.**



Nota: Calibración de balanza analítica ubicada en el laboratorio de química de la FAING.

**ANEXO 5 – FORMATO DE SOLICITUDES DE PERMISOS**

Tacna, \*\*\*\*\* del 2020

**CARTA No. 002-2020-I-EPIAM/FAING**

Sr (a)

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

TACNA

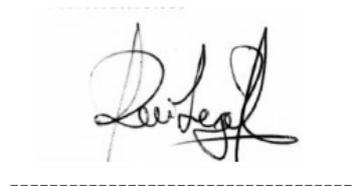
**ASUNTO: APOYO CON USO DE ESTABLECIMIENTO PARA  
DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN**

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a su vez hacer de su conocimiento que uno de los objetivos institucionales de la Escuela de Ingeniería Ambiental es desarrollar trabajos de investigación, por tal motivo le solicito pueda brindarnos apoyo con el uso de una parte de su establecimiento para los Bachilleres en Ingeniería Ambiental **MÉNDEZ FIGUEROA ANDREA ALEXANDRA Y MORÁN AMASIFUÉN VICTOR JOSÉ ALFREDO**, los cuales, realizará la tesis titulada **“Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable en el área de influencia directa de la Zona Industrial del Cercado de Tacna 2020”**.

Para coordinaciones con el Dr. Richard Lazo Cel. 965642000  
ozalsomar@gmail.com

Agradeciendo su atención, es propicia la ocasión para expresarle mi especial consideración y deferencia personal.

Atentamente,



**Dr. Richard  
Sabino Ramos** Director de  
la Escuela Profesional  
de Ingeniería  
Ambiental

---

Central : 052- 427212, Anexo 497- Correo

Electrónico: [ambiental@upt.edu.pe](mailto:ambiental@upt.edu.pe) Campus Capanique –

Pocollay, Apartado postal: 126, Tacna – Perú