

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LAS  
CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN LOS  
NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO PM10 Y  
PM2.5 EN LA CONSTRUCCIÓN DEL HOSPITAL  
HIPÓLITO UNÁNUE DE TACNA”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. DIEGO RENATO MOTOCANCHE AYALA**

**TACNA – PERÚ**

**2019**

# UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

#### Tesis:

“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 UNÁNUE DE TACNA”

Tesis sustentada y aprobada el 12 de Junio de 2019;  
estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



---

Mig. Miguel Herrera Rojas

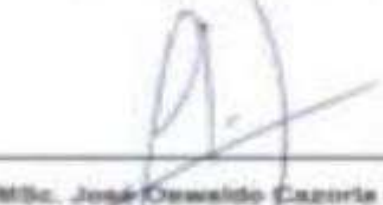
SECRETARIO:



---

M.Sc. Alberto Carmelo Condori Gamarra

VOCAL:



---

M.Sc. José Oswaldo Casarita Galdos

ASESOR:



---

Dr. Richard Sabino Lazo Ramos

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Diego Renato Motocanche Ayala, en calidad de: Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 70470354

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

“Evaluación de la Influencia de las condiciones Meteorológicas en los Niveles de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en la Construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna

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.

Lugar y fecha

Tacna, 12 de Junio 2019

Firma

Nombres y apellidos

DNI

  
Diego Lenato Motocanche Ayala  
70470354

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por la vida, la sabiduría, la inteligencia y las fuerzas que me ha dado en todos mis años de estudios para cumplir mis proyectos y metas con honestidad, responsabilidad y amor bajo su Voluntad.*

*A mi mamá Sandra, por ser aquella mujer valiente y esforzada en todos mis años de estudios para lograr a ser un hombre con responsabilidad, disciplina, y humildad en mis metas profesionales.*

*A mi papá Hugo, por ser aquel compañero de apoyo en mis tiempos difíciles para continuar perseverando.*

*A mi asesor Dr. Richard Sabino Lazo Ramos, por su excelente ética profesional en este nivel académico.*

*A todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron a la ejecución del presente trabajo de Investigación.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al proyecto de construcción: "Mejoramiento de los servicios de salud del hospital Hipólito Unánue de Tacna, distrito Tacna – provincia de Tacna – Región Tacna" , por haberme brindado las facilidades y la logística necesaria para la consecución de la presente tesis.

A todas las personas que de una u otra manera han colaborado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi familia por su comprensión.

Un agradecimiento muy especial al Dr. Richard Lazo Ramos por el apoyo desinteresado.

## CONTENIDO

PÁGINA DEL JURADO.....	i
PAGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD .....	ii
PÁGINA DE DEDICATORIA.....	iv
PÁGINA DE AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	01

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema .....	02
1.2. Formulación del problema.....	03
1.2.1 Problema general.....	03
1.2.2 Problemas específicos .....	03
1.3. Justificación e importancia .....	04
1.4. Objetivos.....	05
Objetivo general.....	05
Objetivos específicos .....	05
1.5. Hipótesis .....	05
Hipótesis general .....	05
Hipótesis específicas.....	05

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes del estudio .....	06
	2.1.1 A nivel internacional .....	06
	2.1.2 A nivel nacional .....	08
	2.1.2 A nivel local .....	09
2.2	Bases teóricas.....	11
	2.2.1 Delimitación de la cuenca atmosférica .....	11
	2.2.2 Características meteorológicas .....	11
	2.2.3 Contaminación atmosférica .....	17
	2.2.4 Contaminantes atmosféricos y sus fuentes .....	17
	2.2.5 Impactos del PM en la salud y el ambiente.....	22
	2.2.6 Base legal .....	23
	2.2.7 Método gravimétrico de referencia .....	27
	2.2.8 Construcción del nuevo Hospital regional de Tacna .....	28
2.3	Definición de términos .....	28

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

3.1	Tipo y nivel de la investigación .....	32
	3.1.1 Tipo de investigación.....	32
	3.1.2 Diseño de investigación.....	33
3.2	Población y muestra .....	33
	3.2.1 Población de estudio.....	33
	3.2.2 Tipo o tamaño de muestra.....	34
	3.2.3 Selección de la muestra .....	34
3.3	Operacionalización de variables.....	34
3.4	Técnicas e instrumentos para recolección de datos .....	35



3.4.1 Acciones para la toma de muestra .....	35
3.4.2 Materiales y/o instrumentos.....	39
3.5 Procesamiento y análisis de datos .....	39

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

5.1 Resultados del monitoreo de la calidad del aire .....	41
5.1.1 Calidad de Aire. Concentración PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> .....	41
5.1.2 Calidad de Aire. Condiciones climatológicas .....	42
5.2 Verificación y contrastación de Hipótesis .....	42
5.2.1 Hipótesis general .....	40
5.2.2 Hipótesis específicas .....	45

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIÓN**

6.1 Análisis del monitoreo de PM <sub>10</sub> en las estaciones de monitoreo.....	49
6.2 Análisis del monitoreo de PM <sub>2.5</sub> en las estaciones de monitoreo .....	51
6.3 Análisis de las condiciones climatológicas en las estaciones de monitoreo .....	51
6.4 Análisis ambiental de las condiciones climatológicas en la dispersión del Material Particulado .....	52
6.5 Propuesta para la mejora de la calidad del aire por Material Particulado .....	54
 CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES .....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Principales características de las partículas, finas y gruesas .....	21
Tabla 2:	Estándar de calidad del aire DS N°074-2001-PCM valor referencial para PM <sub>10</sub> .....	25
Tabla 3:	Estándar de calidad del aire DS N°074-2001-PCM valor referencial para PM <sub>2,5</sub> .....	26
Tabla 4:	Estándar de Calidad Ambiental del aire para material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2.5</sub> ) PM <sub>2,5</sub> . DS N°003-2008-MINAM.....	26
Tabla 5:	Estándares de Calidad del aire DS 003-2017 .....	27
Tabla 6:	Operacionalización de variables .....	34
Tabla 7:	Ubicación de las estaciones de aire, junio 2018 .....	38
Tabla 8:	Ubicación de las estaciones de aire, julio 2018 .....	38
Tabla 9:	Ubicación de las estaciones de aire, agosto 2018 .....	38
Tabla 10:	Ubicación de las estaciones de aire, setiembre 2018 .....	39
Tabla 11:	Monitoreo de Material Particulado en el hospital Hipólito Unánue durante los meses de junio a setiembre de 2018.....	41
Tabla 12:	Condiciones meteorológicas en el hospital Hipólito Unánue durante los meses de junio a setiembre de 2018.....	42
Tabla 13:	Correlación entre los valores de material particulado y las condiciones meteorológicas en el distrito de Tacna.....	43
Tabla 14:	Correlación entre los valores de PM <sub>10</sub> con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento.....	45
Tabla 15:	Correlación entre los valores de PM <sub>2.5</sub> con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Mapa de rosas de viento en la región Tacna .....	15
Figura 2:	Mapa de humedad relativa promedio anual .....	17
Figura 3:	Mapa de precipitación promedio anual .....	18
Figura 4:	Esquema comparativo Pelo vs arena vs PM.....	22
Figura 5:	Diagrama de dispersión de Valores de material particulado y Condiciones meteorológicas.....	44
Figura 6:	Diagrama de dispersión de Valores de PM <sub>10</sub> y Condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento .....	46

Figura 7: Diagrama de dispersión de Valores de PM<sub>2.5</sub> y Condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento ..... 48

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.  
Anexo 2: Ubicación de las Estaciones de Aire EMHU-01 y EMHU-02. Junio a setiembre de 2018.  
Anexo 3: Desempaque de filtros  
Anexo 4: Instalación de los equipos.  
Anexo 5: Panel Fotográfico Estaciones de Calidad del Aire por mes de monitoreo  
Anexo 6: Cálculo de concentraciones por mes  
Anexo 7: Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Junio 2018  
Anexo 8: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Junio 2018  
Anexo 9 Datos meteorológicos de la Estación EMHU-02. Junio 2018  
Anexo 10: Rosa de Viento de la Estación EMHU-02. Junio 2018  
Anexo 11: Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Julio 2018  
Anexo 12: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Julio 2018  
Anexo 13: Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Agosto 2018  
Anexo 14: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Agosto 2018  
Anexo 15: Datos meteorológicos de la Estación EMHU-02. Agosto 2018  
Anexo 16: Rosa de Viento de la Estación EMHU-02. Agosto 2018  
Anexo 17: Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Setiembre 2018  
Anexo 18: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Setiembre 2018  
Anexo 19: Datos meteorológicos de la Estación EMHU-02. Setiembre 2018  
Anexo 20: Rosa de Viento de la Estación EMHU-02. Setiembre 2018  
Anexo 21: Certificado de INACAL  
Anexo 22: Fichas técnicas de los equipos

## RESUMEN

El presente estudio se basó en la influencia de las condiciones meteorológicas en la dispersión de la concentración de los contaminantes atmosféricos  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  durante la construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna en los meses de junio a setiembre de 2018. La metodología de muestreo y análisis estuvo basado en el protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos de la DIGESA (2005). Las 2 estaciones de monitoreo EMHU-01 y EMHU-02 registraron en el mes de junio para  $PM_{2.5}$  valores de 69.53 y 63.04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el mes de setiembre en la estación EMHU-01 el valor de 64.40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  los cuales sobrepasaron el estándar de calidad ambiental para aire. Estos valores tuvieron relación directa con los altos valores de Temperatura de 18 y 19.6°C y la velocidad de viento de 2.5 m/s y una relación inversa con la Humedad relativa 76.3 y 75%. Además el análisis de la varianza determinó que no existe diferencia significativa entre los datos obtenidos y ambas variables fueron corroboradas con la prueba estadística de Pearson ( $r$ ) 0.705, el coeficiente de correlación valor  $-p$  ( $\text{sig}=0,016$ ) y con un nivel de significancia menor a 0,05.

**Palabras claves:** Condiciones meteorológicas/ Dispersión de Contaminantes/ Material particulado.

## **ABSTRACT**

The present study was based on the influence of meteorological conditions on the dispersion of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> atmospheric pollutants during the construction of Hipólito Unánue Hospital in Tacna from June to September 2018. The sampling methodology and analysis was based on the DIGESA air quality monitoring and data management protocol (2005). The 2 monitoring stations EMHU-01 and EMHU-02 registered in the month of June for PM<sub>2.5</sub> values of 69.53 and 63.04 ug/m<sup>3</sup> and in the month of September in the station EMHU-01 the value of 64.40 ug/m<sup>3</sup> which exceeded the environmental quality standard for air. These values were directly related to the high temperature values of 18 and 19.6 °C and the wind speed of 2.5 m/s and an inverse relationship with the relative humidity of 76.3 and 75%. In addition, the analysis of the variance determined that there is no significant difference between the data obtained and both variables were corroborated with the Pearson statistical test ( $r$ ) 0.705, the correlation coefficient  $p$ -value ( $\text{sig} = 0.016$ ) and with a level of significance less than 0.05.

Key words: Weather conditions / Pollutant Dispersion / Particulate matter

## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es un problema a nivel mundial y el distrito de Tacna no es ajena a esta, ya que viene siendo afectada por la emanación de los humos contaminantes del parque automotor producto de la mala calidad del combustible que se utiliza y por la antigüedad de los motores y por el material particulado que emanan de las diferentes obras principalmente en la etapa de construcción.

En ese sentido, el análisis ambiental se basó en el análisis del componente clima en relación con el componente aire, referido a la posible influencia que tienen los valores de las condiciones meteorológicas como la temperatura, humedad relativa y la velocidad del viento en la dispersión de concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , durante la construcción del Hospital Hipólito Unánue de la región Tacna, a manera de un estudio base que servirá para el diagnóstico de la mejora de la calidad de aire para la protección de la salud de las personas.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente vivimos periodo de aumento, en la cual, el dinamismo de los habitantes a causado consecuencias negativas, actividad que han impulsado al progreso industrial, agrario, económico, etc., siendo uno de las causas importantes en la evolución de la polución de la atmósfera del mundo en sus diferentes maneras. Las actividades urbanísticas también provocan inmensas cambios en el ambiente, el menoscabo del estado del aire en las ciudades, principalmente a causa del parque automotor, que es un problema mundial que se incrementa con el crecimiento de la población.

Entre los contaminantes del aire urbano, el material particulado el contaminante de la atmósfera más estudiado e importante a nivel mundial, siendo la agrupación de partículas sólidas y/o líquidas (excepto el agua pura) que están en la atmósfera, y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.

Estos polvos pueden ser dispersos al aire directamente cuando proceden de la combustión el cual es dispersado por el viento; una de las fuentes de generación de partículas en las ciudades es el tráfico, actividades que generan combustión dentro de su proceso, calles sin pavimento, construcciones, etc. Estas partículas causan efectos negativos sobre la salud a nivel de aparato respiratorio y el sistema cardiovascular. A su vez la presencia de este contaminante ocasiona variedad de impactos en el ambiente ya sea en la vegetación, materiales y al hombre, entre ellos, la disminución de la visión, con el incremento del esparcimiento y/o de la absorción de la radiación del sol, teniendo un efecto en la radiación de onda corta y con el incremento del cantidad de núcleos de condensación en el espacio. Existen pruebas de los perjuicios provocados por los depósitos de material particulado en infraestructura como edificaciones y obeliscos.

La Región Tacna presenta un elevado potencial de desarrollo, concentra cerca de 321 mil 351 habitantes, 40 mil vehículos y 17 mil 339 empresas con actividades de comercio, en la base de un área urbana que se extiende sobre una superficie de 16 mil 075 Kilómetros (INEI, 2016). Además, presenta gran diversidad de actividades económicas como la construcción teniendo como la principal obra la construcción del nuevo Hospital Hipólito Unánue, la cual, generaría un impacto negativo directo sobre los parámetros del estado del aire por emisiones de material particulado que dañaría la salud de los obreros como la de los pobladores que viven alrededor de la obra en construcción y así como de la posible intervención de las condiciones climáticas en la emisión del material particulado.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿Las condiciones meteorológicas influirán en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cuáles serán las concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna ?
- b) ¿Cuáles serán las condiciones meteorológicas en la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna?
- c) ¿Cuál será la influencia de las condiciones meteorológicas en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna?



### 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La emanación de los humos contaminantes del parque automotor producto de la mala calidad del combustible que consumen y por la antigüedad de los motores de los vehículos, como la actividad de la construcción del nuevo Hospital Hipólito Unánue que dispersa material particulado por el movimiento de tierras y el tránsito de la maquinaria; son las principales causas de la contaminación atmosférica. Las condiciones meteorológicas influyen en una atmósfera inestable o estable que hace de esta contaminación por material particulado se agudice y sea un potencial problema.

Frente a la contaminación atmosférica provoca la presente obra en la zona residencial del cercado de Tacna, es de prioridad generar trabajos de investigación, políticas y programas de mejora del estado del aire para salvaguardar la salud de las personas, siendo el punto de inicio para determinar los valores de contaminación atmosférica para conocer cuál es la calidad del aire. Por este motivo la importancia del presente estudio es contribuir a las investigaciones sobre monitoreo y control del recurso atmosférico, con el fin de contar con información de base que permita detectar en el futuro si las condiciones meteorológicas producen cambios en los niveles de contaminación del aire por Material Particulado (MP) o Particulate Matter (PM) en relación a lo que sucede en otras localidades, producto de la actividad de la construcción.

En cuanto al contexto local, se espera además que este documento sea diagnóstico de la situación actual, y pueda ser utilizado en la toma de decisiones para la gestión del recurso aire, pretendiéndose generar información de base que permita prevenir la contaminación del aire urbano y proponer una nueva red de monitoreo en obras civiles en la Estrategia Manejo Ambiental (EMA) antes llamado Plan de Manejo Ambiental (PMA) como documento conformante del Estudio de Impacto Ambiental (EIA); con la finalidad de contribuir de esta forma con el cuidado de la salud de la población y del ambiente.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

Evaluar si las condiciones meteorológicas influyen en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado en la fase de construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  durante la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna
- Establecer los valores meteorológicos durante la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna
- Analizar si existe influencia de las condiciones meteorológicas en la dispersión de concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  durante la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna.

## 1.4. HIPÓTESIS

### 1.4.1 Hipótesis general

Las condiciones meteorológicas influyen en las concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  en la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna .

### 1.4.2 Hipótesis específicas

- Las concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  sobrepasarán los estándares de calidad ambiental para aire, durante la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna.
- Las condiciones meteorológicas están dentro del rango usual referente a la data climatológica Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna.
- El análisis estadístico determina que las condiciones meteorológicas influyen en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  en la fase de construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

##### 2.1.1 En el ámbito internacional:

En el trabajo “Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM<sub>10</sub>) en la zona de Guayabal, Medellín, Colombia”; en cinco meses del año 2000, la cantidad promedio por día de PST fue de 113 µg/m<sup>3</sup>, el cual fue inferior según la normatividad de Colombia (400 µg/m<sup>3</sup>). Las concentraciones tuvieron una predisposición a sobrepasar la normatividad anual de 100 µg/m<sup>3</sup>. Las concentraciones por día de PM<sub>10</sub> tuvieron como promedio 74 µg/m<sup>3</sup>, por lo tanto no excedieron la norma diaria de 150 µg/m<sup>3</sup>, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA). Por lo tanto, existe la posibilidad de superar la normatividad anual de 50 µg/m<sup>3</sup>. Se obtuvo 101 parejas de valores diarios de PST y PM<sub>10</sub>, lo que procedió de realizar una correlación inusual, teniendo como resultado R<sup>2</sup> = 0,91. Esto es fundamental porque midiendo el PST se puede calcular el valor de PM<sub>10</sub>. La fracción PM<sub>10</sub>/PST arrojó un valor promedio de 0,62, mostrando una clara intervención de partículas respirables con respecto a las partículas suspendidas totales (Gómez *et al.*, 2003).

En el trabajo “Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá”, se analizó el aire en la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Bogotá. Se elaboró una data base para dar validez para el análisis de las informaciones recibidas, la cual fue empleada para valorar en cuanto a la cantidad, el estado del aire de la ciudad. Según los resultados obtenidos indican que para compuestos contaminantes como óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno como monóxido de carbono, no demuestra en la actualidad un problema importante en cuanto a la contaminación del aire en la ciudad de Bogotá. En cuanto, a las concentraciones de material particulado, estas sobrepasan los niveles en cuanto a las normas de calidad del aire (Gaitán *et al.*, 2007).

En el trabajo: “Relación entre las Partículas Finas ( $PM_{2.5}$ ) y Respirables ( $PM_{10}$ ) en la Ciudad de Medellín”, del proyecto “Patologías respiratorias en niños preescolares y su relación con la contaminación atmosférica de Medellín”, llevado a cabo por la Universidad de Medellín y la Universidad CES para la Secretaria de Salud de Medellín, se obtuvieron lecturas en cuanto a partículas finas ( $PM_{2.5}$ ) y respirables ( $PM_{10}$ ) en los meses de febrero a octubre de 2007 en Medellín, el cual, cuenta con una población de 2'250.000 habitantes. Los resultados muestran que en la mayor parte de los casos se presenta una correlación positiva y lineal referente a los dos parámetros. La relación promedio de  $PM_{2.5}/PM_{10}$  para los lugares en el presente trabajo fue de 0.67 aproximadamente, Dicho valor fue muy considerable, lo que lleva pensar que posiblemente se pueda estar acorde con la normatividad anual para  $PM_{10}$ , pero no aplicada para  $PM_{2.5}$  (Londoño & Vasco, 2008).

En el trabajo de investigación: Determinación del contenido de PAH's en partículas  $PM_{2.5}$  en la zona de tráfico vehicular y en la zona industrial de Monterrey, se evaluó los niveles de  $PM_{2.5}$  en Santa Catarina y en las avenidas Madero y Gonzalitos. Se tuvieron los siguientes resultados, en los cuales, se detectaron en ambas zonas Benzo(a) Antraceno, Criseno, Benzo(b) Fluoranteno, Benzo(k) Fluoranteno, Benzo(a) Pireno, Benzo(ghi) Perileno, Naftaleno, Acenafteno y Antraceno. Estos 3 últimos se encuentran a niveles por debajo del límite en cuanto a la cuantificación. La mayor concentración de los primeros 6 compuestos PAH's se determinó en los meses de invierno para la zona 1 y en otoño-invierno para la zona 2. En diciembre, se cuantificaron los niveles más altos de PAH's en ambos lugares. Entre las causas que podrían coadyuvar al incremento de PAH's se encuentran: La escasa diseminación y limpieza de las  $PM_{2.5}$  debida a una baja velocidad del viento y a la menor modificación de PAH's provocada por la baja radiación solar durante los meses de la estación de invierno. Estos datos coinciden con otros trabajos en la que se puede observar la gran concentración de PAH's en las  $PM_{2.5}$ . Los 6 PAH's valorados en concentración son los que están más relacionados a la evolución de cáncer al pulmón (Santiago, 2009).

En el Estudio: Concentración y composición química de partículas  $PM_{10}$  en el área metropolitana de Costa Rica en 2012, se evaluaron las cantidades de partículas  $PM_{10}$  en trece lugares de la ciudad de Costa Rica, empleando equipos

de muestreo para aire de alto volumen. Adicional a la actividad, se establecieron los niveles de iones ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ), metales traza (V, Cr, Cu, Mn, Fe, Al, Pb, Ni), carbono orgánico y elemental en las partículas. Los lugares situados en las zonas industriales y comerciales de elevado tránsito vehicular demostraron concentraciones muy superiores ( $42 - 29 \text{ g/m}^3$ ) a las establecidas para zonas residenciales y comerciales de bajo tránsito vehicular ( $23 - 15 \text{ g/m}^3$ ) (Herrera *et al.*, 2015).

En el estudio: Calidad del Aire en el Valle de Aburrá Antioquia –Colombia. Medellín y otros 9 municipios vecinos realizado en los años 2001-2007 posee actividad industrial y de transporte. Las cantidades de partículas en suspensión total (PST) y de partículas respirables ( $PM_{10}$ ), sobrepasaron el parámetro de 200-400%, los márgenes de prevención establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) la propensión es al incremento en relación al alto flujo vehicular. La polución del aire por material particulado en Medellín y su área ciudadana es elevada, y puede provocar efectos dañinos a la salud de sus personas (Bedoya & Martínez, 2008).

### **2.1.2 En el ámbito nacional:**

En el estudio: “Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de Lima Callao, Agosto – 2008”. Los cambios de acuerdo a la temporalidad horaria de compuestos contaminantes como  $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  señalan valores en su concentración máximas bimodales, la primera se presenta entre las 7 y 10 horas y la otra entre las 19 y 22 horas; los niveles de concentración en material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  exponen comportamientos diferentes en horas de las máximas bimodales, las de  $PM_{10}$  superan el valor límite del ECA nacional ( $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) y el  $PM_{2.5}$  al valor de referencia ( $65 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). Referente a la elaboración de los modelos de relación entre compuestos contaminantes y sus causas de diseminación, se determinó que existe relación para los 5 contaminantes; mientras tanto, en la etapa de validación sólo se aceptaron la relaciones para  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , quedando sin relación el CO; estos valores pueden evaluarse con los modelos establecidos y aprobados únicamente con tener conocimiento del viento, temperatura y la humedad relativa (García, 2008).

En el estudio titulado: "Evaluación del grado de contaminación del aire en el Centro Histórico de Lima", se demuestra que las cantidades de concentración de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_2$  logradas con los tubos pasivos son inferiores que los logrados con los analizadores, las desigualdades son 30% para el  $\text{SO}_2$  y 86% para  $\text{NO}_2$ . Las variaciones temporales según el horario de los contaminantes  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  demuestran niveles de concentración altas bimodales, la primera variación sucede entre las 7 y 10 horas y la otra variación entre las 19 y 22 horas; los niveles de concentraciones de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  se encuentran muy inferiores a los valores determinados en los Estándares de Calidad del Aire (ECA) a nivel nacional. El valor de las concentración de  $\text{PM}_{10}$  exceden el valor límite del ECA del país ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el  $\text{PM}_{2.5}$  al valor referencial ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (García, 2008).

### **2.1.3 En el ámbito local:**

Según los parámetros monitoreados por la Municipalidad Provincial de Tacna y SENAMHI (2009) para Material Particulado  $\text{PM}_{10}$ , el valor más alto, alcanza un máximo de 57% del ECA. Asimismo, se observó que las estaciones Mercado Modelo  $85.046 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Botadero Municipal  $60.986 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Parque Industrial  $53.692 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ubicadas a sotavento de las fuentes principales de contaminación registran mayores valores que las ubicadas a barlovento: Jorge Basadre  $47.867 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Zofra Tacna  $42.113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , se observó que los valores registrados en el Mercado Modelo de la ciudad de Tacna  $81.255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superan en 67 % al Estándar correspondiente para 24 horas.

Según el monitoreo de calidad del aire realizado en el mes de junio por el MINAM (2014) determinaron que en los 3 puntos de monitoreo en la ciudad de Tacna presentaron altos niveles de  $\text{PM}_{10}$  ( $46-82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sobrepasando el ECAs, mientras que los niveles de  $\text{PM}_{2.5}$  no excedieron los ECAs ( $25-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En el monitoreo de la calidad ambiental realizado por el Gobierno Regional de Tacna (2014), en los distritos de Tacna, Ciudad Nueva, Alto de la alianza y Cnel. Gregorio Albarracín Lanchipa de la Provincia de Tacna, de los 7 puntos de muestreo se obtuvo altos niveles de  $\text{PM}_{10}$  en 5 puntos Centro de Salud Ciudad Nueva ( $73.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Gran Hotel Tacna ( $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Casino de la Policía Militar ( $51.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Escuela de Posgrado de la UNJBG ( $66.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el ISTP Vigil ( $47.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Mientras que los promedios globales de  $\text{PM}_{2.5}$  en algunos puntos

superan el ECA para aire. Por ejemplo en el Centro de Salud del distrito de Ciudad Nueva ( $36,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en el Gran Hotel Tacna ( $32,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y en el Cuartel de la Policía Militar ( $26,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en la Escuela de Postgrado ( $25,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En el distrito Alto de la Alianza específicamente en el IESTP Gonzales Vigil ( $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Por el contrario en el Centro de atención ESSALUD ubicado en el distrito Cnel. Gregorio Albarracín ( $14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), así como en la Ciudad Universitaria Jorge Basadre Grohmann ( $15,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), todos los valores están por debajo del ECA para aire.

Según la tesis realizada por Miranda & Merma (2017), en el distrito de Tacna; durante los meses de Febrero a Julio, las concentraciones promedio de  $\text{PM}_{2,5}$  fue de  $22.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el Centro de Salud Leoncio Prado,  $33.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la ESPG UNJBG y  $26.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el Gran Hotel Tacna y SERPOST y para  $\text{PM}_{10}$  la concentración promedio es  $44.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el Centro de Salud Leoncio Prado,  $61.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la ESPG UNJBG y  $38.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el Gran Hotel Tacna y SERPOST, los cuales estuvieron dentro de los límites del ECA para aire según DS 003-2017-MINAM de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{2,5}$  y  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para  $\text{PM}_{10}$ .

En el estudio de análisis ambiental de las condiciones meteorológicas frente al material particulado tomados de la red de monitoreo del distrito de Tacna en el año 2015; se basó en el Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de datos de la DIGESA (2005), en la cual se tomó información de 5 estaciones; de las cuales, 2 estaciones registraron altos valores para  $\text{PM}_{2,5}$  según, el estándar de calidad ambiental, ubicados en la Escuela de Posgrado de la UNJBG de  $25,1$  a  $31,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (junio) y en la Av. Bolognesi  $28,3$  a  $29,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el (mayo), los cuales poseen correlación directa con la humedad relativa ( $81,1-82,2\%$ ), temperatura ( $16.3-17.7^\circ\text{C}$ ), velocidad del viento ( $0,7-1,2\text{m}/\text{s}$ ) y dirección del viento (Sur oeste). Además se determinó altos valores según la OMS para  $\text{PM}_{10}$  en la Av. Bolognesi  $61,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mayo) y en la Escuela de Posgrado  $58,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (junio), los cuales también poseen correlación directa con humedad relativa ( $81,1-86,9\%$ ) Temperatura ( $16.3-18.1^\circ\text{C}$ ), velocidad del viento ( $0,7-1,2\text{m}/\text{s}$ ) y dirección del viento (Sur sur-oeste a sur oeste). Las cuales, ambas variables fueron corroboradas con la prueba estadística de Pearson ( $r$ )  $0.921$ , el coeficiente de correlación valor  $-p$  ( $\text{sig}=0,026$ ) y con un nivel de significancia menor a  $0,05$  (Huaycani, 2018).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Delimitación de la cuenca atmosférica**

En el año 2010 el SENAMHI por medio de la Municipalidad de Tacna realizó un estudio para la delimitación de la cuenca atmosférica donde define que:

El núcleo de la cuenca atmosférica, se centra en la zona media del valle del río Caplina, rodeada por sucesiones de colinas como el Intiorko por el lado derecho y Chuzadal, Arunta y Piedras Blancas por el lado izquierdo. Río arriba por las cuencas hidrográficas y micro cuencas, lejos de ser barreras, se comportan como corredores o salidas de la polución provocada en la urbe y que no tiene oportunidad de diseminación vertical, por la gran consecuencia del anómalo de subsidencia (caída de acúmulos de aire que se inclinan a secarse y calentarse) atribuida por el Anticiclón y el movimiento de la atmósfera en general.

Dicha cuenca atmosférica tiene un área total de 5 688,185 km<sup>2</sup> y comprende los distritos de Tacna, Ciudad Nueva, Gregorio Albarracín, Alto de la Alianza, Calana, Pocollay, parte baja de Pachía, Inclán y Las Yaras. Sin embargo, para el estudio del Plan de Acción para la mejoramiento de la Calidad del Aire en Tacna, el cual se encuentra en la etapa de aprobación por el MINAM, considera el desarrollo socio económico, densidad poblacional y población urbana, la topografía, el clima, velocidad y dirección del viento y el crecimiento urbano como los principales aspectos a considerar en la delimitación de la cuenca atmosférica; por lo cual solo se incluirán los distritos de la provincia de Tacna, es decir: Tacna, Coronel Gregorio Albarracín, Ciudad Nueva, Alto de la Alianza, Pocollay, en donde se presenta las mayores actividades socioeconómicas, densidad poblacional y parque automotor.

### **2.2.2 Características meteorológicas**

La meteorología es la ciencia que estudia el tiempo atmosférico. Los principales parámetros estudiados por la meteorología (temperatura atmosférica, presión atmosférica, vientos, humedad y precipitaciones) se denominan también elementos del clima. Los factores que influyen en el clima son la latitud, la altitud, el relieve, la influencia del mar y la vegetación. En varios sistemas de categorización climática, tanto la temperatura del aire y las lluvias son las bases



para precisar las tipologías de climas y poder distinguirlos entre si. A continuación se menciona el estudio climatológico en la región de Tacna realizado como parte de la ZEE (2010) donde se ha efectuado un análisis de las variaciones espaciales y temporales de las condiciones climáticas meteorológicas, mediante la caracterización de las principales variables climáticas que están presentes en el área de estudio.

### **A) Temperatura**

La temperatura es la unidad más significativa en la determinación de los climas acompañado de las precipitaciones, pues por estas están influenciadas casi la totalidad de los demás unidades, para ello se elaboran mapas cartográficos a través de isalotermas, isotermas, etc. Siendo proporcionalmente el calor a la energía cinética media de las moléculas del aire, la temperatura desciende con la altura continuando en el mismo sentido del descenso de la presión y, en efecto, según un desnivel adiabático. Para la identificación de los climas y parangones, es usual obtenerse los siguientes datos:

a) Temperatura diaria media, es la resultante de la semisuma de la temperatura máxima y temperatura mínima del día, o por media aritmética de numerosos registros usuales a lo extenso de todo el día. La diferencia entre la temperatura más alta y la temperatura más baja, da la extensión en amplitud y variación diaria.

b) Sacando el promedio de las temperaturas medias diarias se logra la temperatura mensual.

d) Las temperaturas media durante los meses del año, promediadas aritméticamente, nos dan la media anual, o también llamada anual normal, siempre en cuando se hayan utilizado los datos de una sucesión de 30 años.

d) Cuando se restan los valores de temperaturas del mes más cálido y el valor del mes más frío (o, en todo caso de las meteorologías menos cálidas como las tropicales) se le denomina amplitud o llamada también oscilación anual. Con la finalidad de aplicación de estos valores de manera esencial, se tienen

también en consideración los datos más extremos: máximas y mínimas (anuales, mensuales y normales). En donde sus promedios son a partir de las temperaturas medias, de las máximas y las de las mínimas (mensuales, anuales, normales). Las temperaturas más elevadas y las temperaturas más bajas obtenidos a lo extenso de un lapso prolongado vienen a ser las temperaturas mínimas y máximas extremas absolutas, en la que su diferencia nos dá la anchura u variación en rango extremo de un clima. La temperatura media del aire a nivel global es de 15º, está sujeta a una serie de factores entre los que más resalta son: En la base, la irradiación solar (o también conocida como constante solar), que nos proporciona el potencial calorífico de manera total. El calor se disemina por el aire atmosférico por transmisión y convección, pero no se disemina de forma homogénea en toda la Tierra, sólo se da de acuerdo a: el menor o mayor propagación por la atmósfera de la Tierra, los cuales son realizados por los rayos provenientes del sol, según la menor o mayor oblicuidad con la que los rayos inciden, además, los rayos verticales a la superficie de la Tierra no son susceptibles a rebote alguno (reflexión) en el punto de incidencia, que si se presenta en los rayos oblicuos, el cual concentra sus energía en un plano menor a comparación de repartirla en estos últimos. En estos eventos fenomenológicos entran a tallar como variable la estación del año y la latitud.

De estas variables resultan de una disposición en el lugar de las temperaturas. Pero las reales temperaturas de un sitio y de un momento (temperatura media) son resultantes de los cambios que ingresan en la inicial disposición del albedo, el cambio estacional (menor o mayor tiempo de duración del día y de la noche, según las latitudes y las estaciones), como la influencia de las corrientes provenientes del mar sean cálidas o frías, el categoría de aguas oceánicas o continentales, la exposición, la altitud y, esencialmente, las advecciones de masas diferentes de aire.

Temperatura potencial. En la que el elemento aire registrará elevados niveles de forma adiabática a causa de la compresión, después de su subsidencia.

Temperatura virtual. Cuando el aire se presenta en estado estacionario, insensible, a partir del proceso de disipación y que rescata, pasa a sensibilidad, cuando el vapor de agua se condensa.

En condiciones normales la costa es un desierto, no obstante estar en latitudes tropicales en virtud del efecto de la corriente fría de Humboldt y de la presencia de la cordillera de los Andes al este, es lo que genera una de las cambios de temperaturas más marcadas de la Tierra y es la que frena el desarrollo de los eventos de convección. La parte sur y central de la costa peruana tiene dos estaciones bien notorias: Una invernal, desde los meses de abril y octubre; y una estación estival, desde los meses noviembre y marzo.

La región sierra presenta en forma marcada dos estaciones climáticas diferenciadas una de la otra: Una de estío, entre los meses abril y octubre, que tiene como características: Días con bastante sol y noches con bastante frío (heladas) y días con usencia de lluvias (época ideal para transitarla); y una con lluvias (mal denominada 'invierno'), que ocurre entre los meses noviembre y marzo, en la que las precipitaciones en la parte alto andina varía de 380 a 467 mm.

Un elemento que diferencia a esta región es el predominante cambio de temperatura en el transcurso del día. Es usual tener temperaturas de hasta 26° C que se presentan a mediodía y temperaturas muy bajas como -7° C en horas de la madrugada.

La sierra posee un clima seco pero agradable, excelente para el surgimiento de una gran variedad de plantaciones. En la región Tacna, como también ocurre en casi la totalidad de las cuencas de la vertiente del Pacífico, la temperatura anual media posee una repartición orográfica relacionada de acuerdo a lo altitudinal, en la que se puede apreciar una correspondencia opuesta de la temperatura con la altitud.

## **B) Viento**

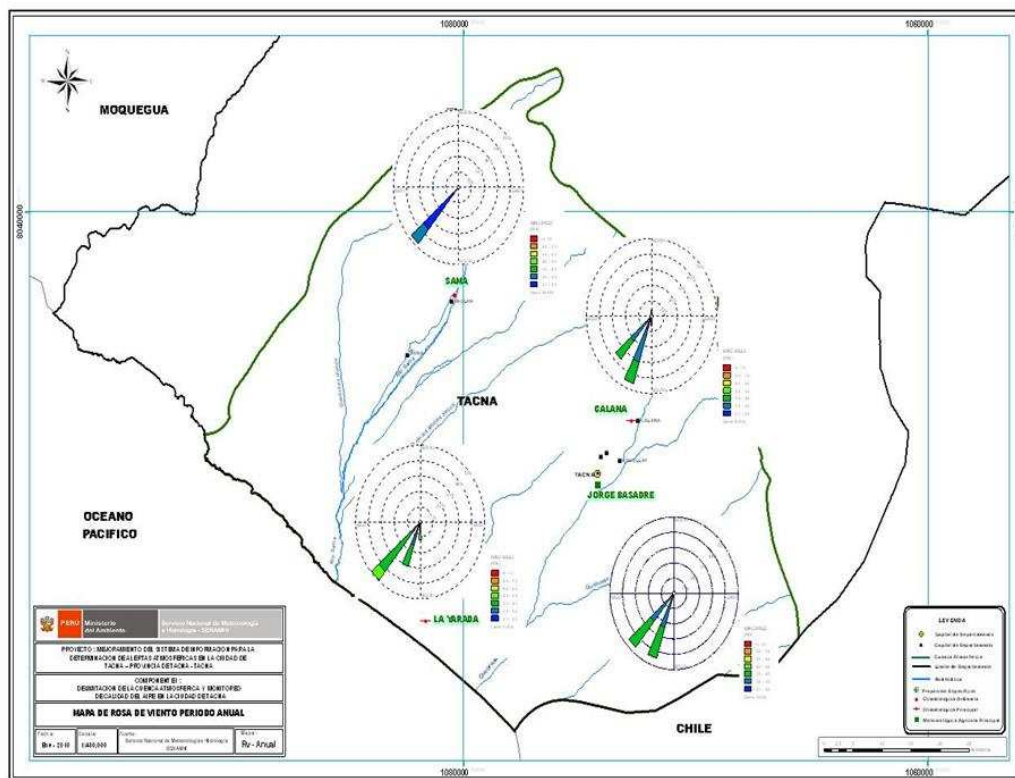
El viento, que no es más que el aire en movimiento, en meteorología se le define como vector debido a que presenta magnitud (velocidad) y dirección (de dónde viene).

La parcela tridimensional, delimitada como cuenca atmosférica de la Zona Metropolitana de Tacna, está fuertemente influenciada por los vientos ambientales generados por el giro anti horario del Anticiclón del Pacífico sur, e interacciona con la disposición norte-sur de la cordillera de los Andes, canalizando vientos provenientes del sur en el estrato de la Tropósfera por debajo de los 3000 msnm.

Como la atmósfera es muy dinámica y caótica, hay instantes que el Anticiclón se intensifica, respondiendo a la influencia de la circulación atmosférica en la escala global, como parte del sistema acoplado océano-atmósfera-espacio sideral. En respuesta a tal manifestación del Anticiclón, también se intensifican, los vientos del sur en la Tropósfera Baja, el afloramiento de la corriente peruana de Humboldt y la inversión térmica por subsidencia que define el clima de permanente aridez de la costa occidental de América del sur, desde la parte central de Chile, hasta la costa norte del Perú.

Los vientos ambientales, son fuertemente modificados localmente, tanto por diferencias en calentamiento mar-continente, como por la topografía local. La primera origina las brizas mar-tierra o brizas marinas durante el día, que son las más intensas, porque las diferencias en calentamiento es mayor, y brizas tierra-mar durante la noche, que son débiles porque las diferencias en enfriamiento de ambas superficies es menor.

Teniendo en cuenta lo que antecede, el mapa en la figura 1, muestran el comportamiento medios de los vientos, muestra el comportamiento anual medio de los vientos en la cuenca atmosférica. Así, los vientos en superficie, dentro de la cuenca atmosférica, son predominantemente brizas marinas del SW y S por las cuencas y micro cuencas hidrográficas con intensidades débiles (1 a 3 m/s) en horas antes del mediodía y moderados a fuertes (4 a 6 m/s) en horas de tarde, para volver a vientos débiles durante la noche, excepto en condiciones extraordinarias locales y del Anticiclón (SENAMHI, 2010).



Fuente: SENAMHI.

**Figura 1:** Mapa de rosas de viento en la región Tacna

### C) Humedad

Viene a ser el valor de agua o vapor de agua presente en la atmósfera o en la tierra. Usualmente en base a los antecedentes la humedad atmosférica se expresa en la cantidad de vapor real presente por unidad de volumen de aire, humedad absoluta, o el vapor existente en cantidad por unidad de volumen de aire, pero enunciada en porcentaje, en la que dentro de ese volumen de aire contendría a la temperatura producto de la observación, humedad relativa, siendo este último valor el de más empleo. En el tema de edafología, el agua que yace en el suelo por operación de las fuerzas higroscópicas o por el fenómeno físico de la capilaridad. Casi la totalidad de las plantas aprovechan la humedad capilar. Y la humedad del suelo, proporciona el intercambio iónico, actividad del bioédafon y la vida.

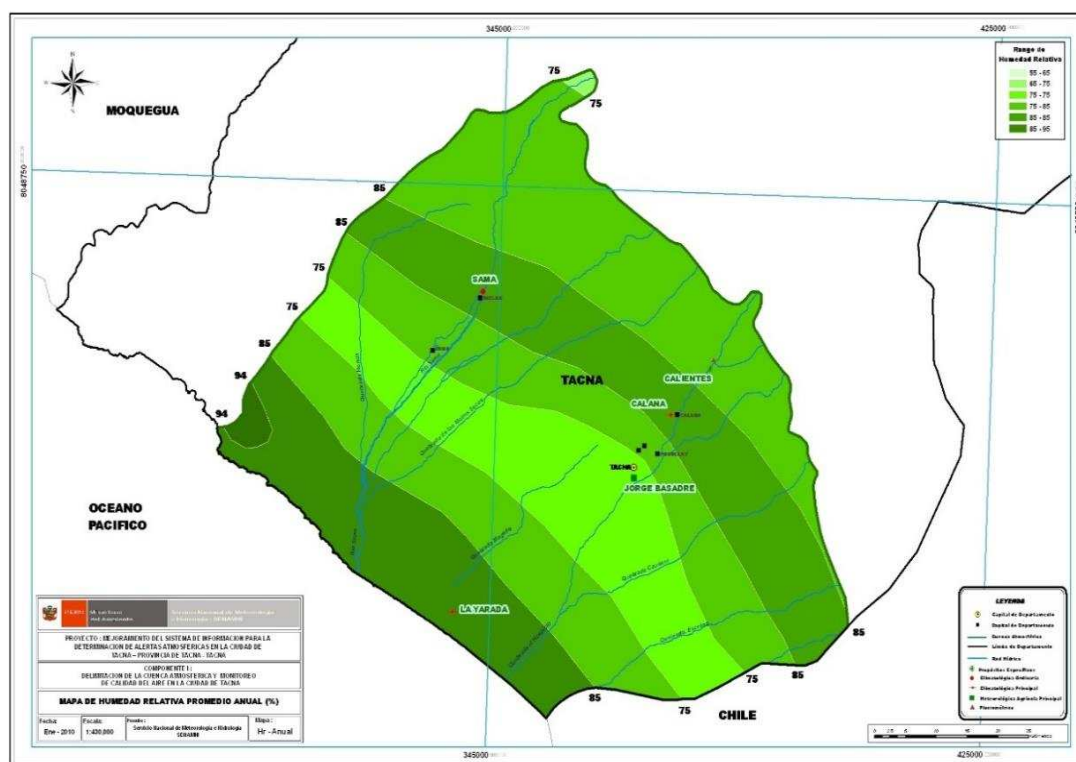
**Humedad absoluta.** Expresada en gramos, en cantidad de vapor de agua que contiene un m<sup>3</sup> de aire. En relación de la temperatura, el aire tiene capacidad a manera de límite máximo, llamado punto de rocío, en el que el aire se satura.

Así que, a  $-10^{\circ}$  de temperatura  $1 \text{ m}^3$  de aire sólo puede contener 1,07 g de vapor de agua; a  $0^{\circ}$ , 4,83 g; a  $10^{\circ}$ , 9,36 g; a  $20^{\circ}$ , 17,15 g; a  $25^{\circ}$ , 22,83 g; a  $30^{\circ}$  30,08 g; a  $40^{\circ}$ , 50,67 g, etc.

**Humedad específica.** Cantidad de agua expresada en gramos por kg de aire húmedo.

**Humedad relativa.** Conocida también como por grado higrométrico del aire. Es la relación entre el vapor de agua contenido realmente por el aire y el caso que podría contener de estar saturado, conservada a la misma temperatura. Su expresión es en porcentaje (%). Cuando existe igual contenido en vapor de agua, la humedad relativa baja cuando aumenta la temperatura, y viceversa.

**Déficit de humedad.** Resultado de entre la cantidad de agua que lograría contener el aire a una temperatura establecida y la humedad absoluta.



Fuente: SENAMHI

**Figura 2:** Mapa de humedad relativa promedio anual

## **D) Precipitación**

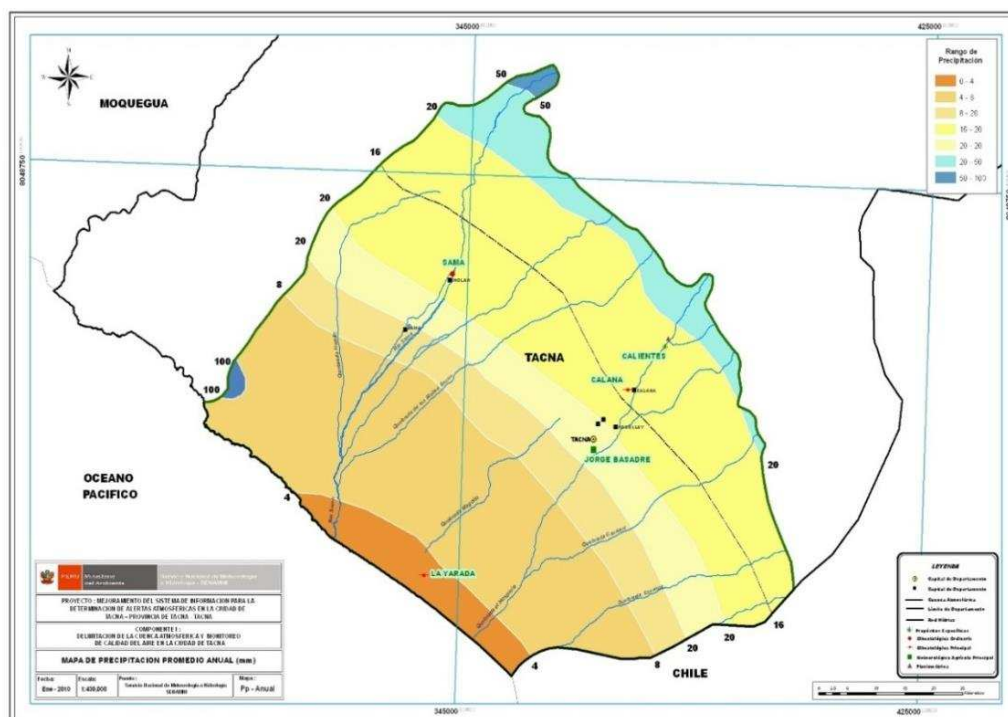
Es la palabra con la que se denominan a todas las formas de agua en estado sólido o líquido que cae sobre la superficie terrestre en forma directa o en otro planeta. Por ejemplo están la llovizna, lluvia, lluvia helada, llovizna helada, hielo granulado, granizo, bolillas de nieve, nieve y granizo menudo.

La principal fuente de las precipitaciones viene a ser las nubes, pero no se consiguen producir hasta que las partículas diminutas que las conforman se agrandan y alcanzan un tamaño bastante grande como para dominar la fuerza ascendente de los flujos atmosféricas.

La frecuencia, cantidad y distribución temporal y espacial de las precipitaciones es muy inestable, y es por ello que ha sido objeto de agudo estudio teniendo como protagonista al hombre, en la evaluación de los climas y de darle utilidad a los recursos hídricos que ofrece el ecosistema.

El ímpetu de las precipitaciones se ve modificado de un sitio a otro aunque no se hallen a mucho trecho. A lo extenso también presentan variaciones anuales. Existen sitios en las que hay reportes de que diariamente se precipita más lluvia que en otros sitios de manera anual.

Los motivos que intervienen en la distribución de las precipitaciones a nivel mundial son la cercanía al mar, el cual se incrementa con las corrientes ascendentes de aire y la humedad del aire, así como las que fuerzan a realizar las cordilleras, en la cual, las precipitaciones son más cuantiosas y profusas en el declive que encara a barlovento o a los vientos más usuales.



Fuente: SENAMHI.

**Figura 3:** Mapa de precipitación promedio anual

### 2.2.3 Contaminación atmosférica

El aire puro es una mezcla de oxígeno, nitrógeno, gases inertes, metano, dióxido de carbono e hidrógeno, en concentraciones establecidas, más cualquier otra humedad complementaria que pudiera estar presente; cualquiera de las variaciones significativas de estas composiciones podría ser dañina.

La polución del aire, es la presencia sustancias o energía en la atmósfera que son resultantes de las acciones del hombre o de los procesos naturales y que en determinadas cantidades y de tal permanencia son capaces de provocar perjuicios a los hombres, la vida animal o a las plantas, o de deteriorar los las estructuras u objetos fabricados por el hombre, o de ocasionar variaciones de clima y temperatura, o disgustos para el agradable disfrutar de los bienes, de la vida o de otras acciones del hombre. Es un peligro acumulativo, agudo y crónico para el bienestar humano y del ambiente. Todas las personas están a la merced de los contaminantes que posiblemente puedan iniciar o aumentar



enfermedades cardiacas, respiratorias, entre otras, donde cada contaminante afecta el cuerpo humano de forma diferente (Ambiente, 2013).

#### **2.2.4 Los contaminantes atmosféricos y sus fuentes**

Las sustancias contaminantes presentes en la atmósfera, normalmente evaluados en la parte atmosférica urbana, es de origen móviles (tráfico a ruedas) y de fuentes permanentes de combustión (usos residenciales, usos residenciales -climatización, y a partir de procesos de eliminación de basuras).

Se diferencia entre contaminantes de orden primario y secundario. El primario, son los que se originan a partir del lugar de emisión. Los secundarios se originan a partir de las evoluciones y procesos de reacción química y física a los que son sujetos los contaminantes de primer orden en el interior de la atmósfera, diferenciándose la contaminación fotoquímica y la elevada acidez del medio.

El Material Particulado también llamado “polvo”, viene a ser un acumulado de constituyentes sólidos bastante finos (conocidos como partículas) y materiales líquidos (llamado gotas) los cuales se hallan flotando en la atmósfera. Está constituido por sulfatos, nitratos, compuestos orgánicos, metales, entre otros.

El volumen de estas partículas en mención está relacionado a la enorme capacidad de que estos provoquen dificultades en la salud, porque a más pequeñas sean éstas partículas, se favorecerá su ingreso al interior del organismo a través de la nariz y garganta, almacenándose en los pulmones y provocando los problemas en la salud de los habitantes.

El Material Particulado o llamado también aerosol atmosférico, viene a ser la mezcla heterogénea de las partículas líquidas y/o sólidas (a excepción del agua pura) en la atmósfera. Hay muchas categorizaciones a nivel aerosoles no excluyentes entre sí. Por lo tanto, las partículas atmosféricas pueden ser:

**Naturales:** Las cuales se emiten a la atmosfera sin estar implicado el ser humano

**Antropogénicas:** Son las que se propagan por acciones en las que interviene el ser humano.

**Primarias:** Son aquellas que son emitidas en forma directa a la capa atmosférica a partir de las fuentes.

**Secundarias:** Las que son formadas en la atmósfera a través de interacciones químicas de fluidos gaseosos precursores.

### **Partículas de carácter Natural**

- **Aerosol marino:**

Primarios: Por ejemplo las sales marinas

Secundarios: Por ejemplo los sulfatos de origen marino

- **Aerosol mineral:**

Primarios: Producto de la refltación de las cenizas volcánicas y suelos

- **Bioaerosoles:**

Primarios: Constituidos por micro-organismos, insectos, algas y polen.

Secundarios: Producto de la modificación de las emisiones de tipo orgánico natural como el terpeno e isopreno

### **Otras fuentes:**

Secundarios: A causa de la oxidación de nitrógeno liberado a partir de los rayos

### **Partículas Antropogénicas**

- **Tráfico:**

Primarios: causados por la abrasión de neumáticos, de firme, frenos, hollín (emisiones de tipología carbonosa bastante finas, principalmente en los motores diésel)

Secundarios: Producto de la formación de nitratos a partir de emisiones de sustancias de óxidos de nitrógeno y de la condensación de los compuestos de tipo orgánico-volátiles

- **Quema de biomasa:**

Son las diversas sustancias químicas primarias y secundarias producto de la combustión

- **Actividades industriales:**

Primarios: Generadas por la industria metalúrgica cerámica, centrales térmicas, cementeras.

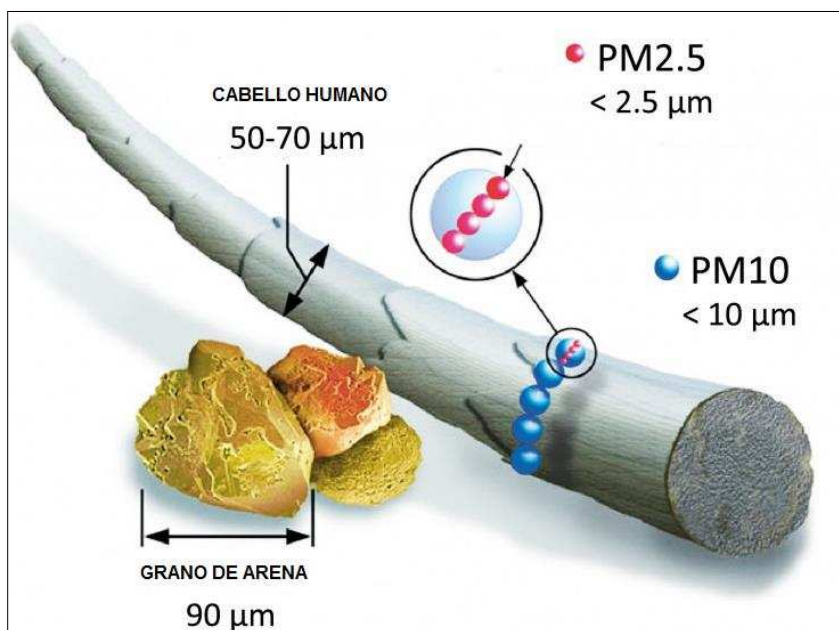
Secundarios: Producto de los sulfatos y nitratos creados por las emisiones de óxidos de azufre y nitrógeno y de la condensación de sustancias químicas orgánicas-volátiles

Los aerosoles que vienen a constituir el PM, poseen diversas formas relacionadas a su emisión o formación; y son las siguientes:

**Tabla 1. Principales características de las partículas, finas y gruesas.**

	Tipo de partículas		
	Ultrafinas ( $PM_{0.1}$ )	Finas ( $\leq PM_{2.5}$ )	Gruesas ( $PM_{2.5}$ - $PM_{10}$ )
Proceso de formación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nucleación de gases atmosféricos, incluidos <math>H_2SO_4</math>, <math>NH_3</math> y algunos compuestos orgánicos</li> <li>• Condensación de gases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condensación de gases</li> <li>• Coagulación de partículas pequeñas</li> <li>• Reacción de gases en o sobre las partículas</li> <li>• Evaporación de neblina y gotas de agua en las que los gases se han disuelto y reaccionado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos mecánicos (prensado, molienda, abrasión, rompimiento de sólidos/gotas)</li> <li>• Evaporación de aerosoles</li> <li>• Suspensión de polvos</li> <li>• Reacción de gases en o sobre partículas</li> </ul>

Fuente: Environmental Protection Agency (2009).



Fuente: Informe Consultora Ambiental, 2018.

**Figura 4:** Esquema Comparativo del tamaño de un pelo y de la arena con partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$

En un inicio la legislación de calidad del aire establecía en el control del parámetro TSP. La legislación actual sólo se refiere a niveles de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  por su repercusión en la salud y el ambiente. Científicamente, se pretende la posibilidad de agregar a la normativa, los niveles para el parámetro  $PM_1$ .

### 2.2.5 IMPACTOS DEL PM EN LA SALUD Y EL AMBIENTE

El efecto en la salud del material particulado depende del volumen de los aerosoles ya que su poder de penetración de las partículas en las vías respiratorias aumenta al disminuir su tamaño:

El  $PM_{10}$  es detenido en la zona extra-torácica. Una parte de aerosoles con tamaño de 2.5 a 10  $\mu m$  ( $PM_{10}$ - $PM_{2,5}$ ) llegan la zona traqueo-bronquial. Las q tienen un tamaño bajo las 2.5  $\mu m$  posee el atributo de atravesar los alvéolos pulmonares y alcanzar a la circulación sanguínea. Y por ende las partículas más finas multiplican los daños en la salud. Los trabajos de investigación en epidemiología indican que existe correlación positiva entre

la concentración de la parte más fina material particulado con los casos de muerte en las urbes. Entre los casos que se han registrado como causa de la polución están, entre otras, diversos casos de enfermedades cardiovasculares, cronicidad en casos de asma, cáncer de pulmón entre otras enfermedades del pulmón.

En la mezcla heterogénea de la que está constituido el Material Particulado hay sustancias químicas que muy a parte de su composición química, poseen daños secundarios a la salud como otras sustancias con potencial de provocar cáncer como el caso de algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales.

Los aerosoles además de causar efectos en la salud poseen efectos en el clima por su capacidad de que algunos aerosoles absorben, dispersan y reflejan la radiación. Estos pueden modificar los niveles de visibilidad, también tiene repercusiones en los ecosistemas como acidificación, fertilización, etc. y degradan a los materiales de construcción (Gobierno de Aragón, 2018).

## **2.2.6 BASE LEGAL**

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

Determina que las personas poseen derechos ineludibles a desarrollarse saludablemente en un ambiente adecuado y equilibrado y poder contribuir a una buena gestión ambiental como de cuidar el ambiente; así como de sus elementos, ratificando de manera individual y colectiva el bienestar de las personas, el cuidado de la biodiversidad, la explotación razonable de los recursos de la naturaleza y el progreso sostenible del país.

## **ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE**

- Decreto Supremo N° 003-2017 Estándares de Calidad del Aire que establecen Disposiciones Complementarias.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) normados por el MINAM, que fijan los valores máximos admitidos de los contaminantes del ambiente. El fin es garantizar la preservación de la calidad ambiental del aire mediante el empleo de los instrumentos de gestión ambiental recientes y de evaluación pormenorizada.

### **Protocolo Nacional de Monitoreo de Aire Ambiental (R.D. N° 1404-2005-DIGESA/SA)**

Este procedimiento posee información para la establecimiento y acción de sistemas de monitoreo en la calidad del aire, como en el manejo de la información. El fin de este protocolo es ser una instrumento para asegurar la calidad en la operación y procesamiento información, para el uso de los operadores de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, de modo que facilite que el monitoreo sea realizada en forma correcta, sea sólido, eficaz y provea de la información necesaria con el mínimo de logística.

**Tabla 2: Estándares de Calidad del aire (DS 003-2017)**

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>[1]</sup>
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2.5</sub> )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>[2]</sup>	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman.  (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

<sup>[1]</sup> o método equivalente aprobado.

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

Fuente: MINAM, 2017.

### 2.2.7 Método gravimétrico de referencia

El método de aplicado para el establecimiento de los valores de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> es el gravimétrico y consiste en la toma de muestras de aire del ambiente durante las 24 horas del día a caudal fijo, la cual, se hace atravesar por un filtro donde se retiene el material particulado. Además, posee un cabezal de corte, el cual, seleccionará la parte del material particulado de interés (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>). Obteniendo la concentración final que resulta de una resta entre el peso del filtro antes y después del el muestreo y dividiendo por el volumen total del muestreo.

### **2.2.8 Construcción del nuevo Hospital Regional de Tacna**

La construcción del hospital Hipólito Unánue, nivel III-1 se realiza en un área total de 41, 720 m<sup>2</sup>, y posee un área de 36,288 m<sup>2</sup>. La estructura tendrá 7 niveles (un semisótano y 6 pisos) y esta reforzada con aisladores y deslizadores sísmicos. Su construcción tendrá una duración de año y medio iniciándose la construcción desde noviembre del 2017.

En el primer piso contará con las áreas de lavandería, laboratorios, farmacia, comedores, 8 sillones de hemodiálisis, 18 sillones de quimioterapia y 40 consultorios.

En el segundo piso contará con servicios de tomografía, 20 consultorios de apoyo, resonancia magnética, mamografía y 7 salas de operaciones multifuncional, 1 de obstetricia y ginecología y 5 salas de operaciones de emergencias.

El tercer piso estará el área administrativa y de descanso médico. Y los pisos 4, 5 y 6 se destinarán el área de hospitalización y contará con 220 camas para atención a los pacientes (Gobierno Regional de Tacna, 2018).

## **2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

Para los efectos del presente estudio se consideran las siguientes definiciones de términos, según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire. DIGESA (2005):

**Aerosol:** Suspensión de las partículas líquidas, sólidas o de ambos modos en un ambiente gaseoso, con velocidad mínima de descenso.

**Calibración:** Valoración de la precisión de las mediciones que logra un instrumento al ser comparado con el estándar independiente.



Contaminación ambiental: Es la presencia en el ambiente de agentes químico, físico o biológico, o de la combinación de numerosos componentes medibles en formas, lugares y concentraciones tales que sobrepasen los Límites Máximos Permisibles (LMP) y sean o puedan ser dañinos para la seguridad, salud o para el bienestar de las personas, o más bien, que sean dañinos para la vida animal o vegetal, u obstaculicen el uso de sus propiedades y sitios de esparcimiento y gozo de los mismos (Cotrina, 2008).

Contaminación atmosférica: Es la presencia en la capa atmosférica de sustancias químicas en una número que cause riesgo o molestia para la salud de los habitantes y de los demás seres (Molina, 2001).

Dispersión de los Contaminantes: también llamado diseminación por la cual un elemento contaminante se moviliza desde su fuente a otros sitios remotos.

Emisión: Dispersión de contaminantes al ambiente teniendo como origen una fuente fija o móvil.

Estaciones de Muestreo: Distribución física establecida para la red de un sistema de instrumentos y equipos de muestreo aperiódico y/o periódico o para el monitoreo continuo de la calidad del aire (Korc, 2000).

Estándar de Calidad del Aire: Es la concentración máxima de una sustancia tóxica potencial que puede aceptarse en un elemento del ambiente en un periodo establecido.

Fuentes Fijas: Son aquellas establecidas en un lugar definido y su dispersión se origina siempre en el mismo sitio.

Fuentes Móviles: Son la fuentes que cambian su lugar referente al tiempo y el ámbito de influencia de las emisiones por lo que se le llama de superficie o lineal.

Inventario de Emisiones: Base de datos de los cuales se pueden constituir la distribución de las emisiones de un ámbito determinado, con la ubicación de la cantidad de emisión y sus fuentes más importantes.

Material Particulado (MP): Es una compleja mezcla de productos biológicos y/o elementos químicos, como sales metales, compuestos orgánicos volátiles (COV), materiales carbonosos, endotoxinas y hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) que pueden actuar entre sí formando otros compuestos químicos y/o biológicos (Billet et al., 2007).

Método Gravimétrico: Método cuantitativo analítico en que la determinación de los componentes, se da por diferencia de pesos. El método referente para la determinar los niveles de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  es el método gravimétrico que consiste en la toma de muestras de aire caudal fijo durante las 24 horas, la cual se hace atravesar un filtro donde se retiene el PM.

Método Pasivo de Monitoreo de Partícula. Método por la que no se usan bombas de absorción y adsorción de aire y se colectan los contaminantes específicos en una base química seleccionada. Luego de su exposición en un determinado espacio de muestreo de un par de horas a un mes, la muestra retorna al laboratorio, donde se efectúa el rescate del contaminante para después analizarlo de manera cuantitativa.

Monitoreo: Son todas las metodologías creadas para el muestreo, análisis y procesamiento continuo las concentraciones de contaminantes en el Centro de Desarrollo e Investigación en Termofluidos CEDIT en las sustancias químicas del aire en un sitio y tiempo determinado.

Norma de Calidad Ambiental o Nivel Referencial: Valor que se utiliza como referencia en la comparación de mediciones hechas en el ambiente con el fin de interpretarlas.

Partícula: Volumen pequeño de materia líquida y sólida.

Partículas Sedimentables. Son todas las que poseen peso y tiende a sedimentar con relativa facilidad o permanecen flotando en el aire en cortos periodos de tiempo. Generalmente no presentan riesgos significativos para la salud humana.

Polvo: Llamado a las partículas sólidas pequeñas con un diámetro inferior a las 75  $\mu\text{m}$  los cuales sedimentan por su peso pero que también pueden estar suspendidas por tiempos cortos.

Protocolo: Agrupación de procedimientos o reglas que se establecen para llevar a cabo una actividad determinada.

Red de Monitoreo: Sistema de estaciones de monitoreo interconectadas en un mismo sitio.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación empleada fue la Descriptiva. Las investigaciones de carácter científico se dividen en exploratorias, descriptivas, correlacional y explicativas (Danke, 1986; Hernández, Fernández & Baptista, 1997; Sampieri, 2010).

Es descriptiva, ya que aquí se describen las situaciones o eventos. También se busca especificar propiedades, características de las unidades de análisis. Además, no se trata de una investigación no experimental, ya que no se hacen variar intencionalmente las variables independientes (Hernández, Fernández, Baptista, 2002, 2007).

Es descriptivo ya que “mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades” (Murillo, 2007) y prospectivo según la temporalidad.

Es descriptivo, puesto que se enumeran las características de algún concepto, sin determinar sus interrelaciones y rango (Azuela, Labastida & Padilla, 1980). Se trata de un diseño prospectivo, lo cual indica las investigaciones que tienen por objeto la previsión a largo tiempo en el dominio de las ciencias humanas (Terrones, 1998).

Según Hernández, Fernández y Baptista (2000) el diseño de investigación seleccionado fue el transeccional y descriptivo, ya que, los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los

valores en que se manifiesta una o más variables, “En un solo momento, en un tiempo único”.

Se trató de un diseño transversal ya que plantea la relación entre diversas variables de estudio en la que los datos se recolectan en un determinado corte puntual en el tiempo (Buendía, Collas & Hernández, 1999).

### **3.1.2 Diseño de investigación**

El diseño y planificación del monitoreo estará en función de determinar la relación que tienen las condiciones meteorológicas en la dispersión de concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  representativas en áreas de alta densidad de trabajo de la obra de construcción del nuevo Hospital Regional mediante la instalación de 2 puntos de monitoreo de aire y contrastando con el cumplimiento del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire con fines tener una base de datos de emisiones y modelos de dispersión de contaminantes para el pronóstico de la calidad del aire.

El monitoreo de aire y condiciones meteorológicas serán durante 4 meses consecutivos, Junio a Setiembre de 2018, en la época de invierno, el cual estará a cargo del tesista y de un asistente técnico previa capacitación en la operación y manejo del equipo de muestreo atmosférico como el  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  y de las condiciones meteorológicas como: Temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, la estrategia de monitoreo será la toma de los valores atmosféricos (material particulado y meteorología); la metodología usada para el presente trabajo será la contemplada en los protocolos de monitoreo de calidad de aire emitidos por los organismos rectores en materia ambiental como DIGESA; los análisis se realizarán en el laboratorio acreditado TYPASA sucursal del Perú, mediante métodos de ensayo específicos.

## **3.2. POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO**

### **3.2.1 Población de estudio**

- Área geográfica del ámbito de la obra

### 3.2.2 Tipo o tamaño de muestra

2 estaciones de muestreo de aire, ubicados en diferentes puntos de la obra

A continuación se especifica el código y la descripción de los puntos de monitoreo así como la altura y la ubicación en coordenadas UTM.

**Tabla 3. Ubicación de las estaciones de Aire en el Hospital Hipólito Unánue. Mes Junio 2018.**

DATOS	ESTACIONES DE MONITOREO	
	EMHU-01	EMHU-02
Fecha de muestreo	04/06/2018	
Hora de muestreo	09:50	12:00
Localización	Cerca del Auditorio	Zona de Carpintería
Coordenadas UTM	367131 E 8007605 N Cuadrante 19 K	367159 E 8007708 N Cuadrante 19 K
Altura	555 msnm	554 msnm

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 4. Ubicación de las estaciones de Aire en el Hospital Hipólito Unánue. Mes Julio 2018.**

DATOS	ESTACIONES DE MONITOREO	
	EMHU-02	EMHU-01
Fecha de muestreo	12/07/2018	
Hora de muestreo	09:30	10:53
Localización	Frente a Oficinas	Centro de la Obra
Coordenadas UTM	367197 E 8007655 N Cuadrante 19 K	367089 E 8007650 N Cuadrante 19 K
Altura	554 msnm	551 msnm

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 5. Ubicación de las estaciones de Aire en el Hospital Hipólito Unánue. Agosto 2018.**

DATOS	ESTACIONES DE MONITOREO	
	EMHU-02	EMHU-01
Fecha de muestreo	01/08/2018	
Hora de muestreo	09:00	10:00
Localización	Frente a Oficinas	Piso Técnico
Coordenadas UTM	367203 E 8007675 N Cuadrante 19 K	367186 E 8007659 N Cuadrante 19 K
Altura	553 msnm	550 msnm

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 6. Ubicación de las estaciones de Aire en el Hospital Hipólito Unánue. Setiembre 2018.**

DATOS	ESTACIONES DE MONITOREO	
	EMHU-01	EMHU-02
Fecha de muestreo	03/09/2018	
Hora de muestreo	11:50	13:05
Localización	Frente a Oficinas	Cerca de la Puerta N° 05
Coordenadas UTM	367202 E 8007675 N Cuadrante 19 K	366970 E 8007722 N Cuadrante 19 K
Altura	559 msnm	545msnm

### 3.2.3 Selección de la muestra

- Se seleccionaron los puntos los cuales estuvieron cercanos a las obras a fin de evaluar la concentración del material particulado y las condiciones meteorológicas.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 7. Operacionalización de variables**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
PM <sub>10</sub>	Son partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento ó polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm	Contaminantes atmosféricos	µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2.5</sub>	Son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 2.5 µm, denominadas partículas finas o fracción fina (que por definición incluye a las partículas ultrafinas).		
Temperatura	Es una magnitud física que indica la intensidad de calor o frío de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente	Condiciones meteorológicas	°C (Grados Celsius)
Humedad Relativa	Relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener.		% (Porcentaje)
Velocidad del viento	Es el aire en movimiento, el cual se produce en dirección horizontal, a lo largo de la superficie terrestre por diferencia de presiones		m/s (Metros por segundo)

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.4.1 Acciones para la toma de muestra

##### Preparación de los equipos

Estas actividades se realizaron en el laboratorio acreditado de TYPASA sucursal del Perú (ver anexo 22), consistió principalmente en realizar la adecuada codificación de los filtros (ver anexo 3) y soluciones así como su acondicionamiento, es decir mantener la temperatura y humedad relativa controlada.



Asimismo, se realizó el pre-pesado de los filtros en balanza de gran precisión y el acondicionamiento, los filtros serán entregados en un sobre rotulados con datos, como el peso inicial, fecha de pesaje y fecha de vencimiento y la cadena de custodia en una bolsa sellada. Además, se coordinó y se determinó la ubicación de las estaciones de monitoreo (ver anexo 2). Además, se verificó previamente las condiciones de accesibilidad con el fin de tener facilidades en la operación y mantenimiento de los equipos, fuente de energía eléctrica; asimismo se consideró las condiciones de seguridad para la permanencia de los equipos (ver anexo 4).

### **Durante el monitoreo**

Durante el monitoreo se colocaron los filtros de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  en los equipos muestreadores correspondientes, se encendió el equipo, se programó el inicio y finalización del monitoreo en el equipo de alto volumen.

El  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , se monitoreó durante 24 horas de acuerdo con el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire.

Se utilizarán códigos de filtros para  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en cada estación de monitoreo. Cabe señalar que se verificó que en todo momento se dé el adecuado manejo de los filtros durante su retiro del equipo Hi-Vol y Low Vol (anexo 4 y 5).

### **Después del monitoreo**

Después de realizado el monitoreo se revisaron los datos obtenidos en campo para su validez en el cálculo de concentraciones (tiempo de monitoreo y medición de la presión diferencial) (ver anexo 6), también se realizó el acondicionamiento por 24 horas de los filtros con muestras, a condiciones de temperatura y humedad similares a las condiciones de su pre-pesado; y finalmente, el pesado de los filtros. Luego, se realizó el post-pesado que permitió determinar la cantidad de muestra colectada en el filtro. Este procedimiento permitió hallar la cantidad de muestra por diferencia de pesos, entre el filtro con y sin muestra, se denomina análisis gravimétrico.

Posterior a las actividades mencionadas, se calculó el peso de las partículas colectadas, el volumen con la información del diferencial de presión que se registró en campo.

### **Muestreo PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>**

Se utilizó el método gravimétrico, donde la fracción de partículas deseada fue separada a un determinado flujo y posteriormente se colectó en filtro previamente estabilizado por humedad.

Luego de su exposición por un periodo de muestra, éste pudo variar desde horas, días, meses o un año, la muestra se examinó mediante el equipo a utilizar o laboratorio la cual se analizó cuantitativamente.

Los equipos se le conocen como métodos de alto volumen y bajo volumen por tomar medidas de 10 micras y 2.5 micras conocidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

### **Parámetros de monitoreo**

El parámetro de monitoreo para las partículas en suspensión fue PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> por ser un factor clave de la repercusión a la salud humana. Además se han considerado los siguientes parámetros ambientales y meteorológicos:

- Temperatura, Indicada por el equipo automático y de los registros tomados de la estación meteorológica automatizada
- Dirección y velocidad del viento
- Humedad relativa

### **Técnica de análisis de muestras:**

**Concentración de partículas suspendidas PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>**, este parámetro fue obtenido con los datos obtenidos en el muestreo de aire con el equipo automático, con el peso del material particulado en suspensión y las características y los parámetros de funcionamiento del equipo

### **Partículas en Suspensión (PM<sub>10</sub>)**

Para el muestreo de Partículas en Suspensión se utilizó dos muestreadores de Alto Volumen PM<sub>10</sub> Hi-Vol marca Thermo Scientific modelo Volumétrico (N/S P8087X) y marca Thermo Scientific modelo Volumétrico (N/S P9230X), los cuales captan partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico menor a 10 micras, que succiona el aire del ambiente y pasa por un filtro. El análisis químico se realizó por gravimetría, los resultados se expresan en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Partículas en Suspensión (PM<sub>2.5</sub>)**

Para el muestreo de Partículas en Suspensión se utilizó un muestreador de Bajo Volumen PM<sub>2.5</sub> Low Vol marca BGI modelo PQ 100 (N/S 0518), el cual, captan partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras que succiona el aire del ambiente y lo pasa por un filtro de fibra de teflón. El análisis químico se realizó por gravimetría, los resultados se expresan en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Estación Meteorológica**

Para registrar diversas variables meteorológicas en un periodo de 24 horas, se utilizó dos estaciones meteorológicas marca Davis Instruments, modelo Vantage Pro 2 (N/S AZ170718039) y marca Davis Instruments modelo Vantage Pro 2 (N/S AZ170525074) las que midieron humedad, temperatura, velocidad y dirección del viento. Las cuales se recopilaron los datos meteorológicos (anexo 7).

### **3.4.2 Materiales y/o instrumentos**

Instrumentos:

- Global Posición System (GPS) marca Garmin Etrex
- Cámara digital

Equipos:

- Muestreador de Alto Volumen PM<sub>10</sub> Hi-Vol marca Thermo Scientific modelo Volumétrico (N/S P8087X)

- Muestreador de Alto Volumen PM10 Hi-Vol marca Thermo Scientific modelo Volumétrico (N/S P9230X)
- Muestreador de Alto Volumen PM2.5 Hi-Vol marca Thermo Electron modelo G10557 (N/S P9499X)
- Muestreador de Bajo Volumen PM2.5 Low Vol marca BGI modelo PQ 100 (N/S 0518).
- Estaciones meteorológicas marca Davis Instruments, modelo Vantage Pro 2 (N/S AZ170718039) y marca Davis Instruments modelo Vantage Pro 2 (N/S AZ170525074) (ver anexo 23).

### **3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

El procesamiento de datos, fue a partir de fichas donde se pasaron las mediciones registradas en campo y en paralelo en una hoja de cálculo Excel para la elaboración de tablas y gráficos. Para el análisis se utilizó la estadística descriptiva. Asimismo los resultados se presentaron en mapas mediante la herramienta Google earth. De acuerdo a los resultados obtenidos del monitoreo del material particulado se determinó si existe relación directa o inversa entre las condiciones meteorológicas y la generación de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, es decir, se comprobó si existe o no una correlación directamente proporcional o no (inversamente proporcional) entre la contaminación y las condiciones meteorológicas mediante Pearson

Es decir, si en los meses de mayor humedad o precipitación se registró menor cantidad de material particulado o si es en el mes de menor precipitación se registró mayor cantidad de partículas sedimentables. O de manera directamente proporcional. Además se aplicó el análisis de varianza en donde se determinó si existe o no existe diferencia significativa entre los datos obtenidos.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1 Resultados del monitoreo de la calidad del aire

##### 5.1.1 Calidad de Aire. Concentración $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$

**Tabla 8. Monitoreo del Material Particulado durante los meses de junio a setiembre de 2018**

MATERIAL PARTICULADO	ESTACIÓN	04/06/2018	12/07/2018	01/08/2018	03/09/2018	ECA Aire ug/m <sup>3</sup>
$PM_{10}$	EMHU-01	98.66	80.92	65.73	79.09	100 <sup>(1)</sup>
	EMHU-02	97.07	81.23	113.11	39.71	
$PM_{2.5}$	EMHU-01	69.53	35.18	41.58	64.40	50 <sup>(1)</sup>
	EMHU-02	63.04	39.25	49.78	37.43	

<sup>(1)</sup> Promedio diario. ECA Aire D.S. N° 003-2017-MINAM  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los valores obtenidos para el parámetro material particulado menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ), en las estaciones monitoreadas EMHU-01 y EMHU-02, en el mes de setiembre EMHU - 01 supero los valores establecidos en los ECAs(113.11 ug/m<sup>3</sup>) para Aire de acuerdo al D.S. N° 003-2017- MINAM. Los valores obtenidos para el parámetro material particulado menor a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ) en las estaciones EMHU-01 y EMHU-02, en el mes de junio, superan el valor establecido (69.53 y 63.04 ug/m<sup>3</sup>) respectivamente, y en el mes de setiembre en la estación EMHU-01 presenta el valor de 64.40 ug/m<sup>3</sup>) excediendo también el ECA para Aire de acuerdo al D.S. N° 003-2017-MINAM.

## 5.1.2 Calidad de Aire. Condiciones meteorológicas

**Tabla 9. Condiciones meteorológicas durante los meses de junio a setiembre de 2018**

Fecha de registro	Estación de monitoreo	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Velocidad del viento (m/s)			Dirección del viento promedio
		Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	
04/06/2018	EMHU-01	18	24	14	76.3	90	56	2.5	4.5	1.3	NE
	EMHU-02	19.6	27	14	75	89	65	2.5	3.6	1.3	O
12/07/2018	EMHU-01	15.6	24	12	74.9	90	48	2.7	4.5	0.9	NO
	EMHU-02	14.8	21	12	80	90	48	2	4	0.4	NO
01/08/2018	EMHU-01	14.9	20	13	76.1	84	56	2.1	4	0.9	NE
	EMHU-02	13.5	19	12	81	89	60	2.4	4	1.3	O
04/09/2018	EMHU-01	15.3	21	11	72.3	84	50	2.6	6.7	0	O
	EMHU-02	16.3	23	12	69.7	84	45	1.8	3.6	0	O

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En los meses de Junio y Setiembre se presentó la temperatura promedio en las 2 estaciones de monitoreo EMHU-01 y EMHU-02 (16.3°C), de igual manera en los valores más altos de humedad (81%); y en los Valores altos de velocidad del viento (2.7 m/s). Por otro lado, la predominancia de la dirección del viento para el mes de junio en la estación EMHU-01 fue de Noreste (NE) y en la estación EMHU-02 fue de predominancia Oeste.

## 5.2 Verificación y contrastación de las hipótesis

### 5.2.1 HIPOTESIS GENERAL

#### a) Planteamiento de la hipótesis estadística

##### *Hipótesis nula*

$H_0$ : Existe correlación entre los valores de material particulado con las condiciones meteorológicas.

**Hipótesis alterna**

H<sub>1</sub>: No existe correlación entre los valores de material particulado con las condiciones meteorológicas

**b) Nivel de significancia:**  $\alpha = 0,05$

**c) Elección de la prueba estadística:** Pearson de (r)

**Tabla 10. Correlación entre los valores de material particulado y las condiciones meteorológicas en el distrito de Tacna.**

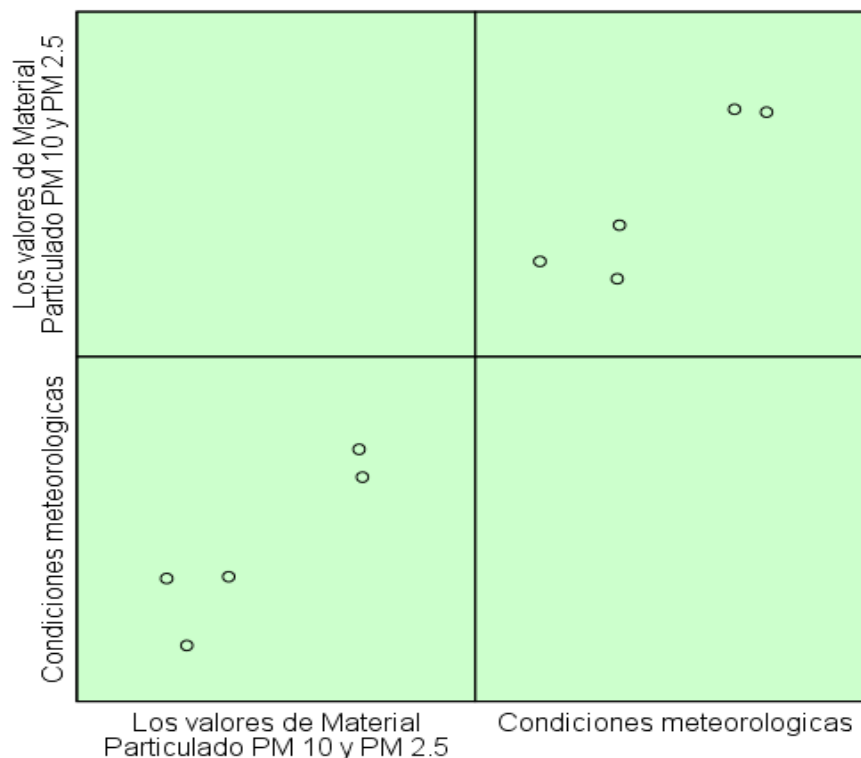
Correlaciones			
		Los valores de Material Particulado PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub>	Condiciones meteorológicas
Los valores de Material Particulado PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub>	Correlación de Pearson	1	0,724*
	Sig. (bilateral)		0,016
	N	5	5
Condiciones meteorológicas	Correlación de Pearson	0,724*	1
	Sig. (bilateral)	0,016	
	N	5	5

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

**d) Regla de decisión**

Rechazar H<sub>1</sub> si la P es menor a 0.05

No se rechaza H<sub>1</sub> si la P es mayor a 0.05



Fuente: Tabla 10

**Figura 5: Diagrama de dispersión de Valores de material particulado y Condiciones meteorológicas.**

### Interpretación

En la tabla 10 y figura 5, se observa que existe evidencia a favor de una correlación positiva entre las variables de Valores de material particulado y Condiciones meteorológicas. Ya que el coeficiente de correlación hallado es el valor  $-p$  ( $\text{sig}=0,016$ ) puntos y con un nivel de significancia  $< a 0,05$ . Por lo que se rechaza la  $H_1$ , y se concluye que con un nivel de confianza del 95%, que existe correlación favorable entre los valores de material particulado con las condiciones meteorológicas, con una fuerza de Pearson de  $(r)= 0,724$  puntos indicando que la relación es directa y significativa y de buena correlación.



## 5.2.2 HIPOTESIS ESPECÍFICAS

### Primera hipótesis específica (a):

#### a) Planteamiento de la hipótesis estadística

##### *Hipótesis nula*

H<sub>0</sub>: Existe correlación de los valores de PM<sub>10</sub> con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento.

##### *Hipótesis alterna*

H<sub>1</sub>: No Existe correlación de los valores de PM<sub>10</sub> con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento

#### b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

#### c) Elección de la prueba estadística: Pearson de (r)

**Tabla 11. Correlación entre los valores de PM<sub>10</sub> con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento**

Correlaciones			
		Los Valores de PM <sub>10</sub>	Condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.
Los valores de PM <sub>10</sub>	Correlación de Pearson	1	0,856*
	Sig. (bilateral)		0,013
	N	5	5
Condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.	Correlación de Pearson	0,856*	1
	Sig. (bilateral)	0,013	
	N	5	5

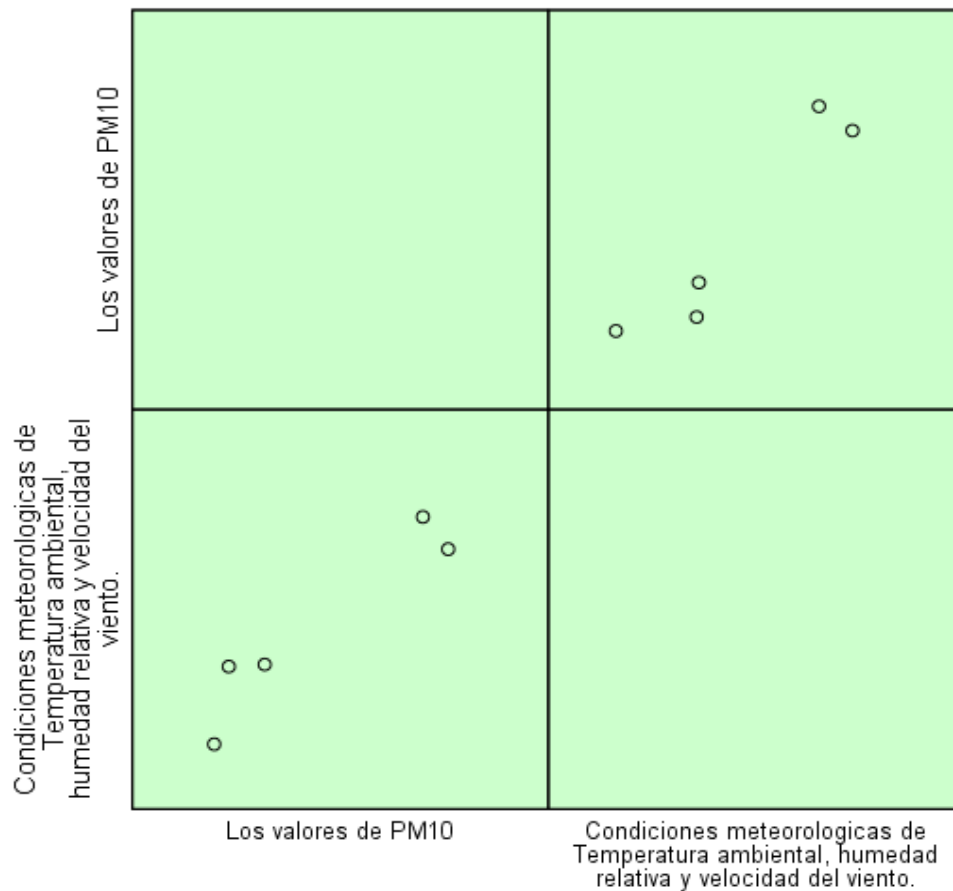
\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Reporte de SPSS.vr23

#### d) Regla de decisión

Rechazar H<sub>1</sub> si la P es menor a 0.05

No se rechaza H<sub>1</sub> si la P es mayor a 0.05



Fuente: Tabla11

**Figura 6: Diagrama de dispersión de los Valores de PM<sub>10</sub> y Condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.**

### Interpretación

En la tabla 11 y figura 6, se observa que existe evidencia a favor de una correlación positiva entre la variable de los Valores de PM<sub>10</sub> y las condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. Ya que el coeficiente de correlación hallado es el valor  $-p$  ( $\text{sig}=0,013$ ) puntos y con un nivel de significancia  $< a 0,05$ . Por lo que se rechaza la  $H_1$ , y se concluye que con un nivel de confianza del 95% se afirma que existe correlación favorable entre los valores de PM<sub>10</sub> con las condiciones meteorológicas de la temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. Con una fuerza de Pearson de  $(r)= 0,856$  puntos indicando que la relación es directa y significativa y de buena correlación.

**Primera hipótesis específica (b):****a) Planteamiento de la hipótesis estadística*****Hipótesis nula***

$H_0$ : Existe correlación de los valores de  $PM_{2.5}$  con la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento

***Hipótesis alterna***

$H_1$ : No existe correlación de los valores de  $PM_{2.5}$  con la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento

**b) Nivel de significancia:**  $\alpha = 0,05$

**c) Elección de la prueba estadística:** Pearson de (r)

**Tabla 12. Correlación entre los valores de  $PM_{2.5}$  con la temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento.**

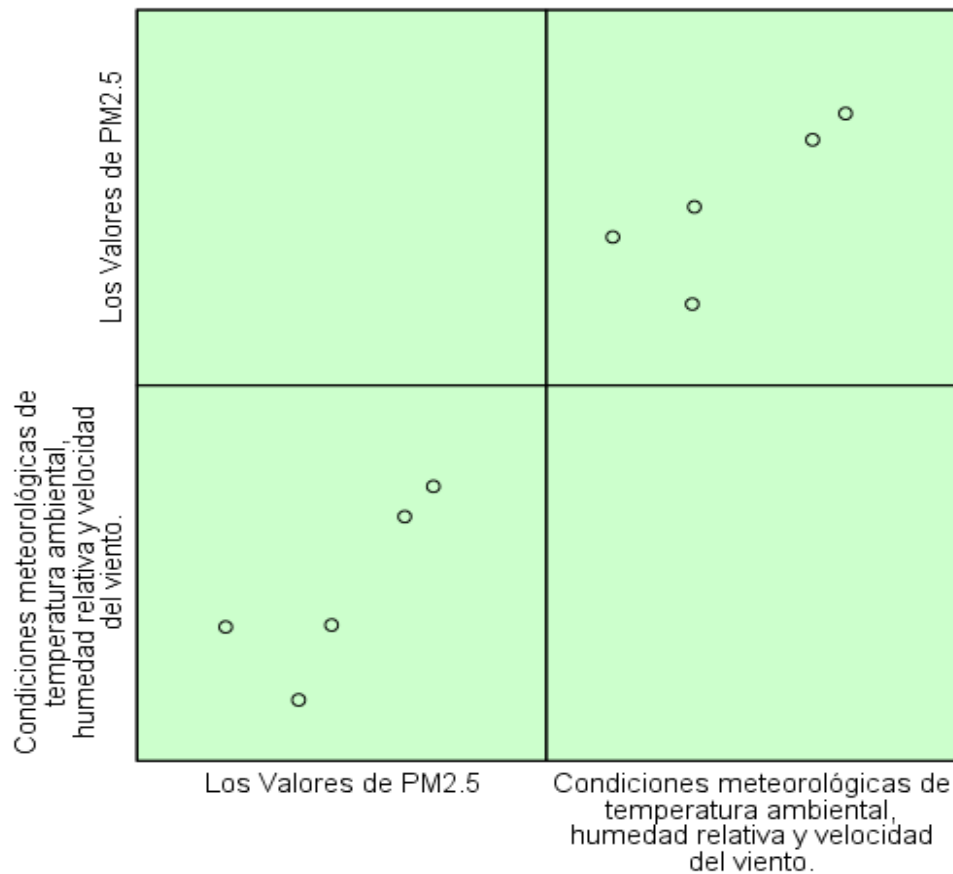
Correlaciones			
		Los Valores de $PM_{2.5}$	Condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.
Los Valores de $PM_{2.5}$	Correlación de Pearson	1	0,705
	Sig. (bilateral)		0,016
	N	5	5
Condiciones meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.	Correlación de Pearson	0,705	1
	Sig. (bilateral)	0,016	
	N	5	5

Fuente: reporte de SPSS.vr23

**d) Regla de decisión**

Rechazar  $H_1$  si la P es menor a 0.05

No se rechaza  $H_1$  si la P es mayor a 0.05



Fuente: Tabla 11

**Figura 7: Diagrama de dispersión de los Valores de PM<sub>2.5</sub> y Condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento.**

### Interpretación

En la tabla 11 y figura 7, se observa que existe evidencia a favor de una correlación positiva entre la variable de los Valores de PM<sub>2.5</sub> y Condiciones meteorológicas de Temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. Ya que el coeficiente de correlación hallado es el valor  $-p$  (sig=0,016) puntos y con un nivel de significancia  $> 0,05$ . Por lo que se acepta la  $H_1$ , y se concluye que con un nivel de confianza del 95% se afirma que existe correlación favorable entre los valores de PM<sub>2.5</sub> con las condiciones meteorológicas de la temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad del viento. Con una fuerza de Pearson de  $(r)= 0,705$  puntos indicando que la relación es directa y positiva, y de moderada correlación.

## CAPÍTULO VI

### DISCUSIÓN

#### 6.1. ANÁLISIS DEL MONITOREO DE PM<sub>10</sub> EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Los valores obtenidos para el parámetro material particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>), en las estaciones monitoreadas EMHU-01 y EMHU-02, estuvieron dentro del rango de los valores establecidos en el ECA para aire de acuerdo al D.S. N° 003-2017- MINAM.

A continuación, se realizará un análisis de los valores obtenidos en el presente trabajo con los datos tomados del Material Particulado proveniente del parque automotor de Tacna, ya que no existe antecedentes relacionados con emisiones material particulado producto de las obras públicas como la construcción

Comparando con los parámetros monitoreados por la Municipalidad Provincial de Tacna y SENAMHI (2009) se registró para Material Particulado PM<sub>10</sub> en el Mercado Modelo 85.046 µg/m<sup>3</sup>.

Comparando otro valor según el monitoreo de la calidad ambiental realizado por el Gobierno Regional de Tacna (2014) monitoreado en la Escuela de Posgrado de la UNJBG fue de 66.3 µg/m<sup>3</sup>. Cabe resaltar que los 2 puntos de monitoreo en el presente estudio no sobrepasaron los ECA.

En el monitoreo de la calidad ambiental realizado por el Gobierno Regional de Tacna (2014), en los distritos de Tacna, Ciudad Nueva, Alto de la alianza y Cnel. Gregorio Albarracín Lanchipa de la Provincia de Tacna, se obtuvieron niveles de PM<sub>10</sub> Centro de Salud Ciudad Nueva (73.1 µg/m<sup>3</sup>), Gran Hotel Tacna (53 µg/m<sup>3</sup>), Casino de la Policía Militar (51.3 µg/m<sup>3</sup>), y el ISTP Vigil (47.8 µg/m<sup>3</sup>) y en la ESPG UNJBG (66.3 µg/m<sup>3</sup>).

Según los parámetros monitoreados por la Municipalidad Provincial de Tacna y SENAMHI (2009) se registró para Material Particulado PM<sub>10</sub> en el Botadero Municipal 60.986 µg/m<sup>3</sup> y en el Parque Industrial 53.692 µg/m<sup>3</sup> ubicadas a

sotavento de las fuentes principales de contaminación las cuales registraron mayores valores que las ubicadas a barlovento: ESPG Jorge Basadre  $47.867 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Zofra Tacna  $42.113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Por otro lado, según el monitoreo de calidad del aire realizado por el MINAM (2013-2014) determinaron en la ciudad de Tacna se presentó altos niveles de  $\text{PM}_{2.5}$  sobrepasando el ECA, mientras que los niveles de  $\text{PM}_{10}$  no excedieron los ECA.

Según García en Lima Callao en el 2008 los contaminantes de material particulado  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  llegan a superar el valor límite indicado en el ECA nacional ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el  $\text{PM}_{2.5}$  al valor referencial ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En el estudio realizado por Herrera et al. en Costa Rica en el 2008 se presentaron concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  significativamente superiores ( $42 - 29 \text{ g}/\text{m}^3$ ) a las registradas para zonas las zonas residenciales y comerciales de bajo flujo vehicular ( $23 - 15 \text{ g}/\text{m}^3$ ).

Según el trabajo realizado por Gómez et al. (2000) en la zona de Guayabal, Medellín, Colombia, las concentraciones diarias tuvieron como promedio  $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no superaron ninguna vez la norma diaria de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fijada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA).

En el trabajo: "Relación entre las Partículas Finas ( $\text{PM}_{2.5}$ ) y Respirables ( $\text{PM}_{10}$ ) en la Ciudad de Medellín, en el 2007, los resultados del análisis muestran, en la mayoría de los casos hace pensar que probablemente se puede cumplir con la norma anual para  $\text{PM}_{10}$ , pero no para  $\text{PM}_{2.5}$  (Londoño & Vasco, 2008).

En el estudio realizado en Medellín y otros 9 municipios durante los años 2001 al 2007 las concentraciones de partículas respirables ( $\text{PM}_{10}$ ) se encontraron elevadas a niveles que exceden en 200- 400% los límites de precaución definidos por la Organización Mundial de la Salud y la tendencia es al empeoramiento a medida que crece la densidad vehicular (Bedoya & Martínez, 2008).

## **6.2. ANÁLISIS DEL MONITOREO DE PM<sub>2.5</sub> EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO**

Los valores obtenidos para el material particulado menor a 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>) en las estaciones EMHU-01 y EMHU-02, superaron el valor establecido en los ECAs para Aire de acuerdo al D.S. N° 003-2017-MINAM en el mes de junio en las 2 estaciones EMHU-01 con 69.53 ug/m<sup>3</sup> y en la EMHU-02 con 63.04 ug/m<sup>3</sup>; y en el mes de setiembre en la EMHU-01 con 64.40 ug/m<sup>3</sup>.

Comparando los valores obtenidos en el presente estudio con los datos obtenidos del parque automotor realizado por Miranda & Merma (2017) ubicado en la ESPG UNJBG presentó un valor de 33,6 µg/m<sup>3</sup>.

En el monitoreo de la calidad ambiental realizado por el Gobierno Regional de Tacna (2014), en la Escuela de Postgrado se registró (25,8 µg/m<sup>3</sup>). Además, en los distritos de Tacna, Ciudad Nueva, Alto de la Alianza y Cnel. Gregorio Albarracín Lanchipa de la Provincia de Tacna se obtuvieron los niveles de PM<sub>2.5</sub> en el Centro de Salud del distrito de Ciudad Nueva (36,1 µg/m<sup>3</sup>), en el Gran Hotel Tacna (32,4 µg/m<sup>3</sup>) y en el Cuartel de la Policía Militar (26,6 µg/m<sup>3</sup>).

Comparando con el trabajo realizado por la Municipalidad Provincial de Tacna y SENAMHI (2009), se observó que los valores registrados en el Mercado Modelo de la ciudad de Tacna 81,255 µg/m<sup>3</sup>, superan en 67 % al Estándar correspondiente para 24 horas.

## **6.3. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO**

Durante el mes de Junio, la predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-01 es de Noreste (NE) y velocidad promedio de 2.5 m/s, siendo las 18:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 4.5 m/s.

La predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-02 es de Oeste (W) y velocidad promedio de 2.5 m/s, siendo las 05:00 y 07:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 3.6 m/s.

Durante el mes de Julio, La predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-02 es de Noroeste (NW) y velocidad promedio de 2.0 m/s, siendo

las 10:00 y 04:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 4.0 m/s.

La predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-01 es de Noroeste (NW) y velocidad promedio de 2.7 m/s, siendo las 13:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 4.5 m/s.

Durante el mes de Agosto, la predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-02 es de Oeste (W) y velocidad promedio de 2.4 m/s, siendo las 12:00 y 17:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 4.0 m/s.

La predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-01 es de Noreste (NE) y velocidad promedio de 2.1 m/s, siendo las 16:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 4.0m/s.

Durante el mes de Setiembre, a predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-01 es de Oeste (W) y velocidad promedio de 2.6 m/s, siendo las 17:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 6.7 m/s. La predominancia de la dirección del viento en la estación EMHU-02 es de Oeste (W) y velocidad promedio de 1.8 m/s, siendo las 12:00, 14:00 y 15:00 horas donde se registró la mayor velocidad de viento llegando al pico de 3.6 m/s.

#### **6.4 ANÁLISIS AMBIENTAL DE LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EN LA DISPERSIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO**

Existe una correlación entre las diferentes fracciones del material particulado, que corresponden al PST,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ . Es claro que las partículas suspendidas totales – PST, están constituidas por el total de partículas suspendidas en el aire, mientras que las partículas suspendidas con diámetro menor a diez micras  $PM_{10}$  corresponden a una fracción del PST y a su vez, las partículas suspendidas con diámetro menor a 2,5 micras corresponden a una fracción del  $PM_{10}$ . Con base en lo anterior se puede afirmar que la concentración de  $PM_{10}$  nunca podrá ser mayor que la concentración de PST y a su vez la concentración de  $PM_{2.5}$  no podrá sobrepasar a las de  $PM_{10}$  y PST.



Las concentraciones y dispersión de los contaminantes dependen mucho de las condiciones meteorológicas en el ámbito geográfico del proyecto civil.

Los altos niveles de  $PM_{2,5}$  y  $PM_{10}$  se deben a una elevada temperatura, humedad relativa, mayor velocidad del viento y a la dirección del viento.

El Material Particulado tiene una correlación directa con la Temperatura velocidad del viento y con la humedad relativa. El incremento de temperatura durante el día provoca que el vapor de agua y la capacidad de humedad que tiene el aire disminuyan para elevarse luego durante la tarde y la noche.

Estando los valores extremos de mínimas y máximas temperaturas en relación con los valores extremos de mínimas y máximas humedades relativas

El Material Particulado es directamente proporcional a la velocidad del viento porque a una menor velocidad del viento no se podrá disipar la concentración de PM en el ambiente para lo cual disminuirá los valores de PM, el cual no será captado o registrado por el equipo muestreador de aire.

Existe una proporción directa de los valores de Material Particulado y el número de puntos de trabajo ingenieril, el cual a una mayor número de puntos o frentes de trabajo civil aumentará los valores de PM en el Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna.

También existe correlación directa o positiva en la concentración de Material Particulado con la dirección de los vientos que son los provenientes del noreste y oeste.

Con respecto al comportamiento de enfermedades, se tienen muchos estudios de salud en la Región de Tacna y estas se encuentran relacionadas con la presencia de partículas en el aire, tal como se menciona en el plan de acción para la mejora de la calidad del aire, realizado por el asesoramiento técnico del Ministerio de Medio ambiente, en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de Tacna, el cual, menciona que existe una incidencia elevada de enfermedades respiratorias como Asma Bronquial y Neumonías (Miranda & Merma, 2017).

## 6.5 PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO

### Programa de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad de Aire

Esta medida consiste en establecer y fortalecer programas de vigilancia y de monitoreo y programas multisectoriales de fiscalización que permita realizar un análisis periódico de la calidad del aire y sus impactos en la salud, así como implementar una red de monitoreo para los contaminantes (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>), actualizando progresivamente los inventarios de emisiones generadas por fuentes móviles y fuentes fijas (industrial, comercial, construcción).

Las instituciones encargadas de implementar esta medida serían la Dirección Regional de Salud en coordinación con la Gerencia de Recursos Naturales del Gobierno Regional de Tacna, Municipalidad provincial de Tacna, Dirección de Producción, Dirección Regional de Vivienda Construcción y Saneamiento, Universidad Privada de Tacna, entre otros bajo el asesoramiento técnico del MINAM.

### Implementar el control de emisiones tóxicas en obras de construcción

Se recomienda aplicar las medidas de mitigación para material Particulado establecidas en el Instrumento de Gestión Ambiental del proyecto, específicamente en la Estrategia de Manejo Ambiental, antes Plan de Manejo Ambiental (PMA). Bajo la Supervisión del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

### Mantener e incrementar áreas verdes urbanas y peri-urbanas

Según los monitores de calidad de aire realizados dentro de la Cuenca Atmosférica de la ciudad de Tacna, presenta al material particulado como uno de sus problemas principales. Para ayudar a resolver en parte el problema, se debe considerar mantener las áreas verdes existentes así como incrementar estas áreas reforestando en áreas disponibles, tanto en la zona céntrica de la Cuenca así como en las áreas peri-urbanas.

## CONCLUSIONES

1. En los 2 puntos de monitoreo de aire, ubicado en el Hospital Regional, en los meses de junio a setiembre de 2018 para  $PM_{10}$  registró valores de 65.73 a 98.66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  los cuales estuvieron dentro del ECA DS 003-2017-MINAM (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a excepción del mes de agosto (113.11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) donde sobrepasó según el ECA, excediendo en todos sus registros el valor guía de la OMS (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Mientras que para  $PM_{2.5}$  sobrepasaron el ECA en el mes de junio (69.53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), EMHU - 02(63.04  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y en setiembre (64.40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
2. Las 2 estaciones climatológicas, ubicadas en el Hospital Regional, registraron en los meses de junio a setiembre valores altos de humedad relativa (81%) en el mes de agosto, velocidad de viento (2.7 m/s) en el mes de julio y niveles regulares de temperatura (13.5 a 19.6 °C) en los meses de julio a setiembre.
3. Existe correlación directa de los altos valores de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  con los registros altos de humedad relativa velocidad del viento y con la temperatura durante la construcción del Hospital Regional de Tacna, ya que el coeficiente de correlación valor  $-p$  (sig=0,016) puntos, con un nivel de significancia  $< a 0,05$ . con un nivel de confianza del 95%, y una fuerza de Pearson de  $(r)= 0,724$  puntos indicando que la relación es directa, significativa y de buena correlación

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aplicar las medidas de mitigación para contaminantes atmosféricos.
2. Se sugiere hacer un modelamiento ambiental de acuerdo al comportamiento de las emisiones atmosféricas de las obras relacionado con las condiciones meteorológicas de la región Tacna.
3. Se recomienda realizar un análisis referente a la relación de la emisión de contaminantes atmosféricos producto de la construcción con la frecuencia de enfermedades cardiorrespiratorias de la población de Tacna.

## BIBLIOGRAFÍA

Ambiente, D. G. (2013). Plan de Acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención Prioritaria de la Cuenca Atmosférica de Tacna. Tacna.

Bedoya, J., & Martínez, E. (2008). Calidad del Aire en el Valle de Aburrá Antioquia - Colombia. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n158/a01v76n158.pdf>

Billet, S., Garc-on, G., Dagher, Z., Verdin, A., Ledoux, F., Cazier, F., Courcot, D. Aboukais, A., y Pirouz, S.P. (2007). Ambient Particulate Matter (PM2.5): Physicochemical characterization and metabolic activation of the organic fraction in human lung epithelial cells (A549). Environmental Research.

Buendía Eisman, Leonor; Collas Bravo, Pilar; Hernández Pina, Fuensanta (1999). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Editorial Mc Graw-Hill/Interamericana de España.

Coral, F. R. (2012). "Determinación del Grado de Partículas Atmosféricas Sedimentables, Mediante el Método de Muestreo Pasivo, Zona Urbana – Ciudad de Moyobamba, 2012". Moyobamba.

Cotrina, J. S. (2008). Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la zona metropolitana de Lima-Callao. Lima.

Chachapoya, M. P. (2015). "Valoración de la Campaña de Monitoreo Pasivo De Gases en la Ciudad de Ambato Para el Diseño del Sistema de Calidad del Aire de la Ciudad 2013 - 2014". Quito.

Dankhe, O. L. (1986). Investigación y comunicación, en C. Fernández—Collado y G.L.Dankhe (Eds): "La comunicación humana: ciencia social". México, D.F: McGrawHill deMéxico. Capítulo 13, pp. 385 - 454.

Diario el Peruano. (2001). "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire", D.S. N° 074-2001-PCM del 21 de Junio del 2001.

Diario el Peruano. (2008). "Estándares Nacionales de la calidad Ambiental del Aire"- Decreto supremo N° 003-2008-MINAM del 22 de Agosto del 2008.

DIGESA. (2005). Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA.

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

Franco Estrada, Cesar Augusto. (2012). Universidad de Caldas.

Gaitán, M., Cancino, J., & Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a11.pdf>

García V., J. T. (2008). "Evaluación del grado de contaminación del aire en el Centro Histórico de Lima". ANALES CIENTIFICOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, 1-11.

Gobierno de Aragón. (2018). La calidad del Aire en Aragón. Construyendo Europa desde Aragón. Programa Operativo FEDER Aragón 2014-2020. Unión Europea [http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n\\_action=healthenvironment](http://www.aragonaire.es/particulatematter.php?n_action=healthenvironment)

Gobierno Regional de Tacna. (2014). Monitoreo de Calidad de Aire en la Región de Tacna. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Proyecto mejoramiento del Servicio de Monitoreo e Información Ambiental. Tacna noviembre.

Gobierno Regional de Tacna. (2018). Portal de noticias de. <http://www.regiontacna.gob.pe/visor/noticia/NO00007198>

Gómez, A., Henao, E., Molina, E., & Molina, F. (2003). "Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM10) en la Zona Guayaquil, Medellín, Colombia". Facultad de Ingeniería No. 30., 24-33.

Environmental Protection Agency (2009). "Integrated Science Assessment for Particulate Matter". EPA/600/R-08/139F

Hernández Sampieri, Roberto ; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar. (1997). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill, México. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/415928/Hernandez-Sampieri-R-cap-2-45>. Consulta: 24/07/2010.

Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Pilar. (2000). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill, México, pp. 1. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lad/jasso\\_b\\_m/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/jasso_b_m/capitulo3.pdf). Consulta: 24/07/2010.

Hernández, C, C. Fernández, P. Baptista. (2002). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Hughes, G, D. Mckee y C. Singler.

Hernández R, Fernandez-Collado C, Baptista P. (2007) *Metodología de la investigación*, Edit Mc Graw Hill, México D.F.

Herrera, J., Rojas, J. F., Beita, V. H., Rodríguez, A., & Argüello, D. S. (2015). "Concentración y composición química de partículas PM10 en el área metropolitana de Costa Rica en 2012". *Revista de Ciencias Ambientales Tropical Journal of Environmental*, 39-53.

Huatuco, R. M., & Romero, A. V. (2011). "Contaminación del Aire por Material Particulado en la ciudad Universitaria - UNMSM". En Proyecto Libro Digital (págs. 1-14). Lima: Guzlop.

Huaycani, Eliana. (2018). "Análisis ambiental de la calidad del aire por material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en la red de monitoreo en el distrito de Tacna en el año 2015". Tesis para optar el Título de maestro en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. ESPG UNJBG. Tacna

INEI. (2016). Departamento de Tacna cuenta con una población de 346 mil habitantes. Obtenido de Departamento de Tacna cuenta con una población de 346

mil habitantes: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/departamento-de-tacna-cuenta-con-una-poblacion-de-346-mil-habitantes-9270/>

Korc Marcelo, F. F. (2000). El Proceso de Fijación y Revisión de Normas de calidad del aire. En F. F. Korc Marcelo, El Proceso de Fijación y Revisión de Normas de calidad del aire. Lima: CEPIS-OPS.

Londoño, C. A., & Vasco, G. J. (2008). "Relación Entre las Partículas Finas (PM<sub>2.5</sub>) y Respirables (PM<sub>10</sub>) en la Ciudad De Medellín". Revista Ingenierías Universidad de Medellín, pp. 23-42.

Ministerio del Ambiente. (2013-2014). Informe Nacional de la Calidad del Aire. Lineamientos de política de calidad del Aire. Viceministerio de Gestión Ambiental.

Miranda, Jeissy; Merma, Lizbeth. (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 del aire 2017 en la ciudad de Tacna" tesis para optar el grado de Ingeniero Ambiental. Universidad Privada de Tacna.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TACNA. (2010). Alertas Atmosféricas 2010.

Molina, M. (2001). Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del aire. En M. Molina, *Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del aire*. México.

Murillo, W. (2007) *La investigación científica*. Disponible en:<http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml>. Consulta 10/04/2010.

OMS Organización Mundial de la Salud. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre (en línea) (10 de enero de 2013) disponible en: [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf)

OMS. (2006). Directrices de la OMS sobre la calidad del aire/Air Quality Guidelines 2006.

Roncal, M. (2008). Monitoreo de contaminantes sólidos Sedimentables (CSS) en la Ciudad de Celendín durante el periodo: abril- junio del 2008. Fiat Lux.

Sampieri, Disponible en:<http://es.scribd.com/doc/7130674/SAMPIERI-Capitulo-4>.Consulta: 12/09/2010.

Santiago, O. G. (2009). Determinación del contenido de PAH's en partículas PM2.5 en una zona de alto tráfico vehicular y otra con potencial exposición industrial del Área Metropolitana de Monterrey. Monterrey.

SENAMHI. (2012). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

SENAMHI. (2010). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

SENAMHI (2009).Reporte Anual de parámetros meteorológicos en la estación MAP-Jorge Basadre G. Tacna.

Terrones Negrete, Eudoro. 1998. *Diccionario de investigación científica*. A.F.A. editores S.A., Lima- Perú.

Zonificación Económica y Ecológica. (2010). Gobierno Regional de Tacna. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Proyecto mejoramiento del Servicio de Monitoreo e Información Ambiental. Tacna noviembre.



# **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema	Hipótesis	Objetivos	VARIABLES/INDICADORES	Metodología	Estadística
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Las condiciones meteorológicas influirán en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> ¿Cuáles serán las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna ?</p> <p>¿Cuáles serán las condiciones meteorológicas en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna?</p> <p>¿Cuál será la influencia de las condiciones meteorológicas en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna?</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> Las condiciones meteorológicas influyen en las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna .</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b> - Las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> sobrepasarán los estándares de calidad ambiental para aire, durante la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna - Las condiciones meteorológicas están dentro del rango usual referente a la data climatológica. - El análisis estadístico determina que las condiciones meteorológicas influyen en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>.</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar si las condiciones meteorológicas influyen en la dispersión de las concentraciones de Material Particulado en la construcción del Hospital Hipólito Unánue de Tacna</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> -Determinar las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna  -Establecer los valores meteorológicos en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna  -Analizar si existe influencia de las condiciones meteorológicas en las concentraciones de Material Particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en la construcción del Hospital Regional Hipólito Unánue de Tacna</p>	<p><b>VARIABLES CUANTITATIVAS:</b>  -PM<sub>10</sub> µg/m<sup>3</sup>  -PM<sub>2,5</sub> µg/m<sup>3</sup></p> <p><b>VARIABLES INTERVINIENTES:</b>  -Temperatura °C  -Humedad Relativa (%)  -Velocidad del viento (m/s)</p>	<p><b>Población de estudio:</b> -Hospital Regional Unánue</p> <p><b>Muestra:</b> -2 puntos estratégicos</p> <p><b>Método de análisis para PM:</b> - Separación inercial/filtración (Gravimetría).</p> <p>-Método de la Balanza Oscilatoria (método automático).</p> <p><b>Rango referencial:</b> -ECA aire (2017)  -LMP. OMS</p>	<p>Se determinará si existe relación directa entre las condiciones meteorológicas y la generación de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub></p> <p>Además se aplicará el análisis de la varianza en donde se determinará si existe o no existe diferencia significativa entre los datos obtenidos.</p>

**Anexo 2:** Ubicación de las Estaciones de Aire EMHU-01 y EMHU-02.

Junio 2018.



Julio 2018.





Agosto 2018



Setiembre 2018



### Anexo 3: Desempaque de filtros

#### Filtro PM<sub>10</sub>



#### Filtro PM<sub>2.5</sub>





## Anexo 4: Instalación de los equipos



**Anexo 5:** Panel Fotográfico Estaciones de Calidad del Aire por mes de monitoreo

Estación de Calidad de Aire EMHU-01. Junio 2018.



Estación de Calidad de Aire EMHU-02. Junio 2018





Estación de Calidad de Aire EMHU-01. Julio 2018.



Estación de Calidad de Aire EMHU-02. Julio 2018.





Estación de Calidad de Aire EMHU-01. Agosto 2018.



Estación de Calidad de Aire EMHU-02. Agosto 2018.



Estación de Calidad de Aire EMHU-01. Setiembre 2018.



Estación de Calidad de Aire EMHU-02. Setiembre 2018.



**Anexo 6:** Cálculo de concentraciones por mes.

Mes Junio 2018

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-01</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro (g)	4.566
Peso Final del Filtro (g)	4.717
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1510</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	04-05-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	894.8
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.0
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.176
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	291.2
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1692.72
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1530.52
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>98.66</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-01</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro (g)	4.565
Peso Final del Filtro (g)	4.670
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1055</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	04-05-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	894.8
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	18.0
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.166
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	291.2
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1678.32
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1517.50
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>69.52</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro (g)	4.566
Peso Final del Filtro (g)	4.714
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1480</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	04-05-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	895.0
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.6
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.177
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	292.8
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1695.17
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1524.70
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>97.07</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Teflón
Peso Inicial del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	174795
Peso Final del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	176311
Diferencia de Peso ( $\mu\text{g}$ )	<b>1516</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	04-06-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mBar)	895.0
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	19.6
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0167
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	24.05
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>63.04</b>



Mes Julio 2018.

## REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN (PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Estación	EMHU-01
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Teflón
Peso Inicial del Filtro (g)	3.712
Peso Final del Filtro (g)	3.851
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1390</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	12-07-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1001.4
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	15.6
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.169
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	288.8
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1683.65
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1717.84
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>80.92</b>

## REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN (PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Estación	EMHU-01
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	207954
Peso Final del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	208800
Diferencia de Peso ( $\mu\text{g}$ )	<b>846</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	12-07-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1001.4
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	15.6
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0167
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	24.05
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>35.18</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Teflón
Peso Inicial del Filtro (g)	3.679
Peso Final del Filtro (g)	3.820
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1414</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	12-07-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1016.6
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	14.8
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.164
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	288.0
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1676.02
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1740.83
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>81.23</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro (ug)	205456
Peso Final del Filtro (ug)	206400
Diferencia de Peso (ug)	<b>944</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	12-07-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1016.6
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	14.8
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0167
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	24.05
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>39.25</b>

Mes Agosto 2018.

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-01</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Teflón
Peso Inicial del Filtro (g)	3.6902
Peso Final del Filtro (g)	3.8056
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1154</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	01-08-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1016.8
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	14.9
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.174
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	288.1
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1690.67
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1755.79
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>65.73</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-01</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	167700
Peso Final del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	168700
Diferencia de Peso ( $\mu\text{g}$ )	<b>1000</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	01-08-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1016.8
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	14.9
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0167
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	24.05
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>41.58</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN**  
**(PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Teflón
Peso Inicial del Filtro (g)	4.5705
Peso Final del Filtro (g)	4.7684
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1979</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	01-08-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1017.9
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	13.5
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.163
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	286.7
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1674.72
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1749.61
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>113.11</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN**  
**(PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro (ug)	169603
Peso Final del Filtro (ug)	170800
Diferencia de Peso (ug)	<b>1197</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	12-07-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1017.9
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	13.5
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0167
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	24.05
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>49.78</b>



Mes Setiembre 2018

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-01</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Teflón
Peso Inicial del Filtro (g)	4.452
Peso Final del Filtro (g)	4.594
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1424</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	03-09-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1043.3
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	15.3
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.175
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	288.5
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1691.93
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1800.39
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>79.09</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-01</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	163336
Peso Final del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	164291
Diferencia de Peso ( $\mu\text{g}$ )	<b>955</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	03-09-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1043.3
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	15.3
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0167
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	24.05
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>39.71</b>

**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Teflón
Peso Inicial del Filtro (g)	4.562
Peso Final del Filtro (g)	4.674
Diferencia de Peso (g)	<b>0.1117</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	03-09-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1016.6
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	16.3
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	1.166
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Temperatura Absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ )	289.5
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	1678.64
Volúmen Estándar ( $\text{m}^3$ )	1734.52
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>10</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>64.40</b>

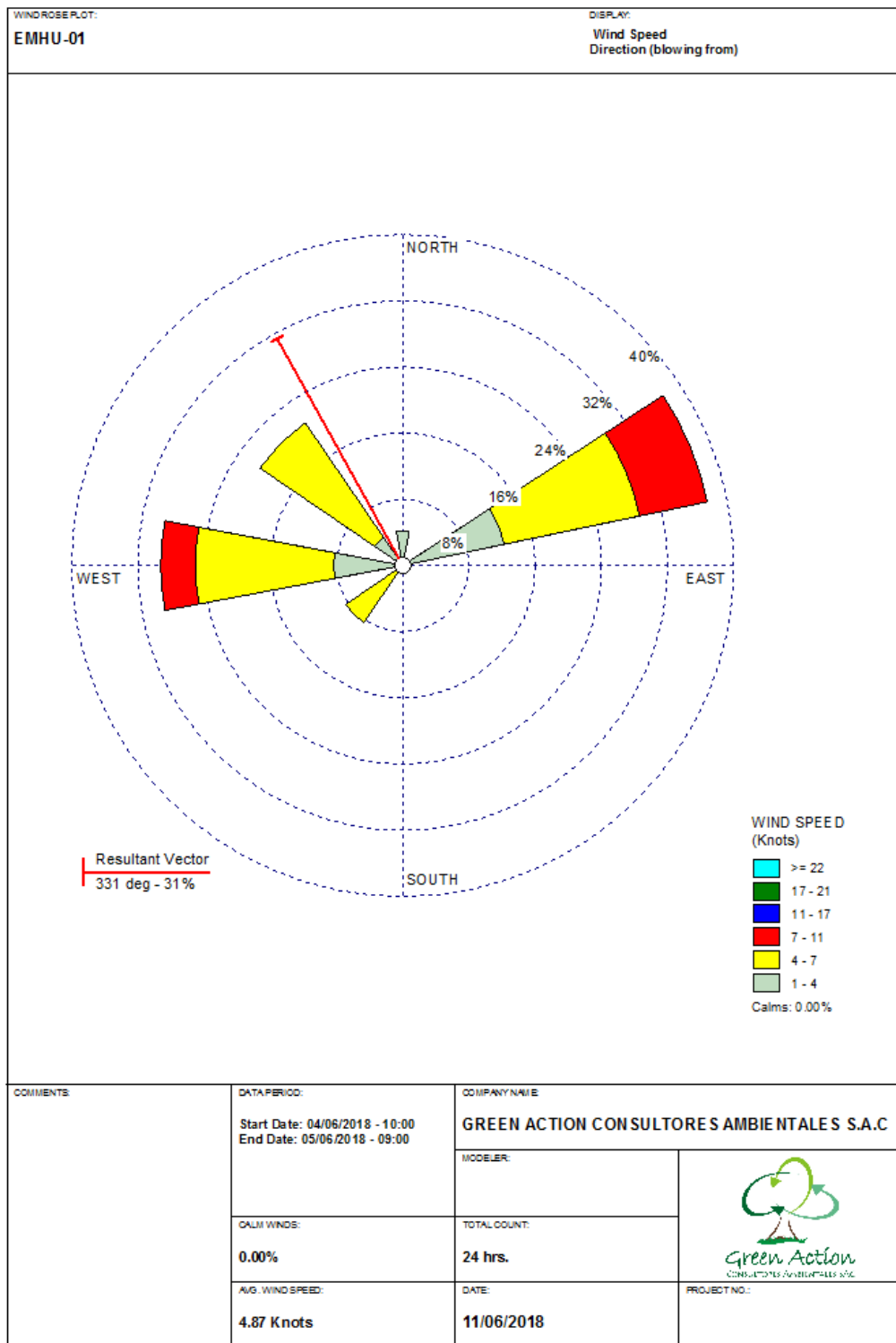
**REGISTRO DE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN  
(PM2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

<b>Estación</b>	<b>EMHU-02</b>
<b>DATOS DEL MEDIO FILTRANTE</b>	
Tipo de Filtro	Cuarzo
Peso Inicial del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	164001
Peso Final del Filtro ( $\mu\text{g}$ )	164901
Diferencia de Peso ( $\mu\text{g}$ )	<b>900</b>
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	
Fecha de Muestreo	03-09-18
Tiempo de muestreo (min)	1440
Presión Atmosférica (mbar)	1016.6
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	16.3
Régimen de Flujo de Aire ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	0.0167
<b>CALCULOS DE VOLUMEN</b>	
Volúmen de Aire Muestreado ( $\text{m}^3$ )	24.05
<b>CONCENTRACION</b>	
<b>PM<sub>2.5</sub> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>37.43</b>

**Anexo 7:** Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Junio 2018

<b>Datos Meteorológicos de la Estación EMHU-01</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Velocidad Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento</b>	<b>Presión (mbar)</b>
04/06/2018	10:00	21	65	3.1	NW	896.5
04/06/2018	11:00	19	72	3.1	NW	896.5
04/06/2018	12:00	19	73	3.1	SW	896.1
04/06/2018	13:00	21	66	1.8	W	895.8
04/06/2018	14:00	24	56	3.1	NW	894.8
04/06/2018	15:00	20	69	2.7	NW	894.4
04/06/2018	16:00	16	72	3.1	W	894.7
04/06/2018	17:00	17	75	1.8	NE	894.6
04/06/2018	18:00	18	83	4.5	W	896.8
04/06/2018	19:00	14	88	2.7	SW	898.7
04/06/2018	20:00	14	89	2.7	NE	897.3
04/06/2018	21:00	15	89	1.3	N	895.9
04/06/2018	22:00	16	89	1.3	NW	895.2
04/06/2018	23:00	19	73	1.8	NE	894.6
05/06/2018	00:00	17	82	2.2	W	894
05/06/2018	01:00	18	75	3.6	NE	892.6
05/06/2018	02:00	18	71	2.2	NE	892.5
05/06/2018	03:00	19	67	3.6	NE	892.1
05/06/2018	04:00	15	86	2.7	NE	892.8
05/06/2018	05:00	14	90	1.3	NE	893.3
05/06/2018	06:00	18	80	2.2	NE	893.8
05/06/2018	07:00	19	79	1.8	W	894.2
05/06/2018	08:00	19	77	2.2	W	893.9
05/06/2018	09:00	23	65	2.2	W	893.6
<b>Promedio</b>		<b>18.0</b>	<b>76.3</b>	<b>2.5</b>	<b>NE</b>	<b>894.8</b>
<b>MAXIMO</b>		<b>24</b>	<b>90</b>	<b>4.5</b>		<b>898.7</b>
<b>MINIMO</b>		<b>14</b>	<b>56</b>	<b>1.3</b>		<b>892.1</b>

## Anexo 8: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Junio 2018

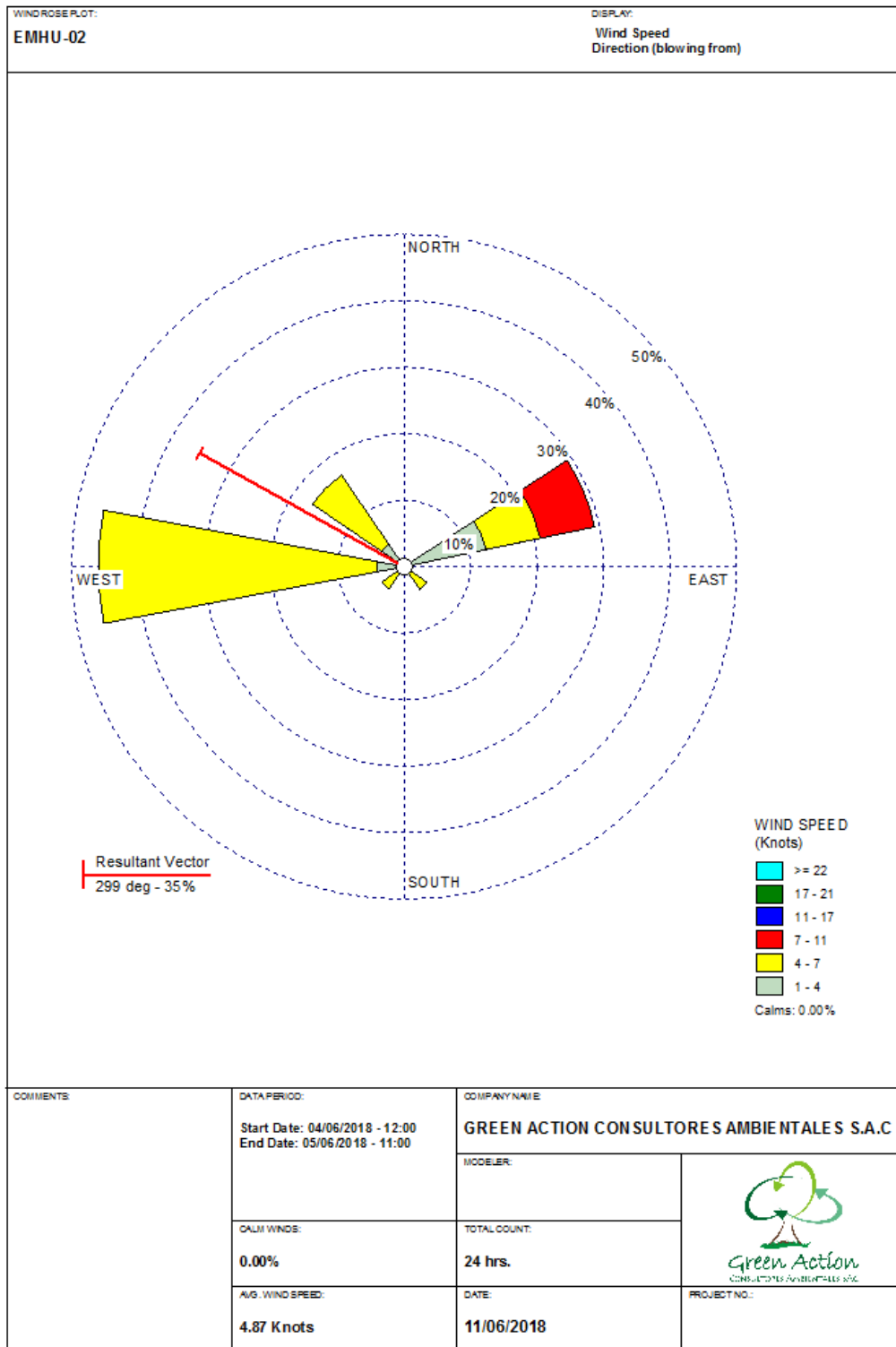


WRPLOT View - Lakes Environmental Software

**Anexo 9: Datos Meteorológicos Estación EMHU-02.Junio 2018**

<b>Datos Meteorológicos de la Estación EMHU-02</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Velocidad Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento</b>	<b>Presión (mbar)</b>
04/06/2018	12:00	22	66	3.0	SW	897.3
04/06/2018	13:00	20	65	3.0	W	898.4
04/06/2018	14:00	20	72	3.1	W	895.9
04/06/2018	15:00	23	72	3.1	W	895.2
04/06/2018	16:00	25	68	1.9	NW	894.6
04/06/2018	17:00	25	70	2.0	W	894
04/06/2018	18:00	27	72	2.0	NE	895.8
04/06/2018	19:00	26	70	2.5	W	896.5
04/06/2018	20:00	27	70	2.3	W	894.8
04/06/2018	21:00	27	70	2.4	NW	894.7
04/06/2018	22:00	16	72	2.5	SE	896.8
04/06/2018	23:00	15	73	2.7	NW	894
05/06/2018	00:00	15	75	2.7	NW	892.6
05/06/2018	01:00	18	75	2.5	W	892.5
05/06/2018	02:00	18	80	2.4	W	892.1
05/06/2018	03:00	17	81	2.4	W	892.8
05/06/2018	04:00	16	83	2.2	NE	893.3
05/06/2018	05:00	14	85	3.6	NE	894.8
05/06/2018	06:00	14	88	2.2	NE	894.5
05/06/2018	07:00	15	89	3.6	NE	893.7
05/06/2018	08:00	16	89	2.7	W	896.5
05/06/2018	09:00	18	73	1.3	NE	896.5
05/06/2018	10:00	18	70	1.8	NE	896.1
05/06/2018	11:00	18	71	2.2	W	895.8
<b>Promedio</b>		<b>19.6</b>	<b>75.0</b>	<b>2.5</b>	<b>W</b>	<b>895.0</b>
<b>MAXIMO</b>		<b>27</b>	<b>89</b>	<b>3.6</b>		<b>898.4</b>
<b>MINIMO</b>		<b>14</b>	<b>65</b>	<b>1.3</b>		<b>892.1</b>

# Anexo 10: Rosa de Viento de la Estación EMHU-02. Junio 2018

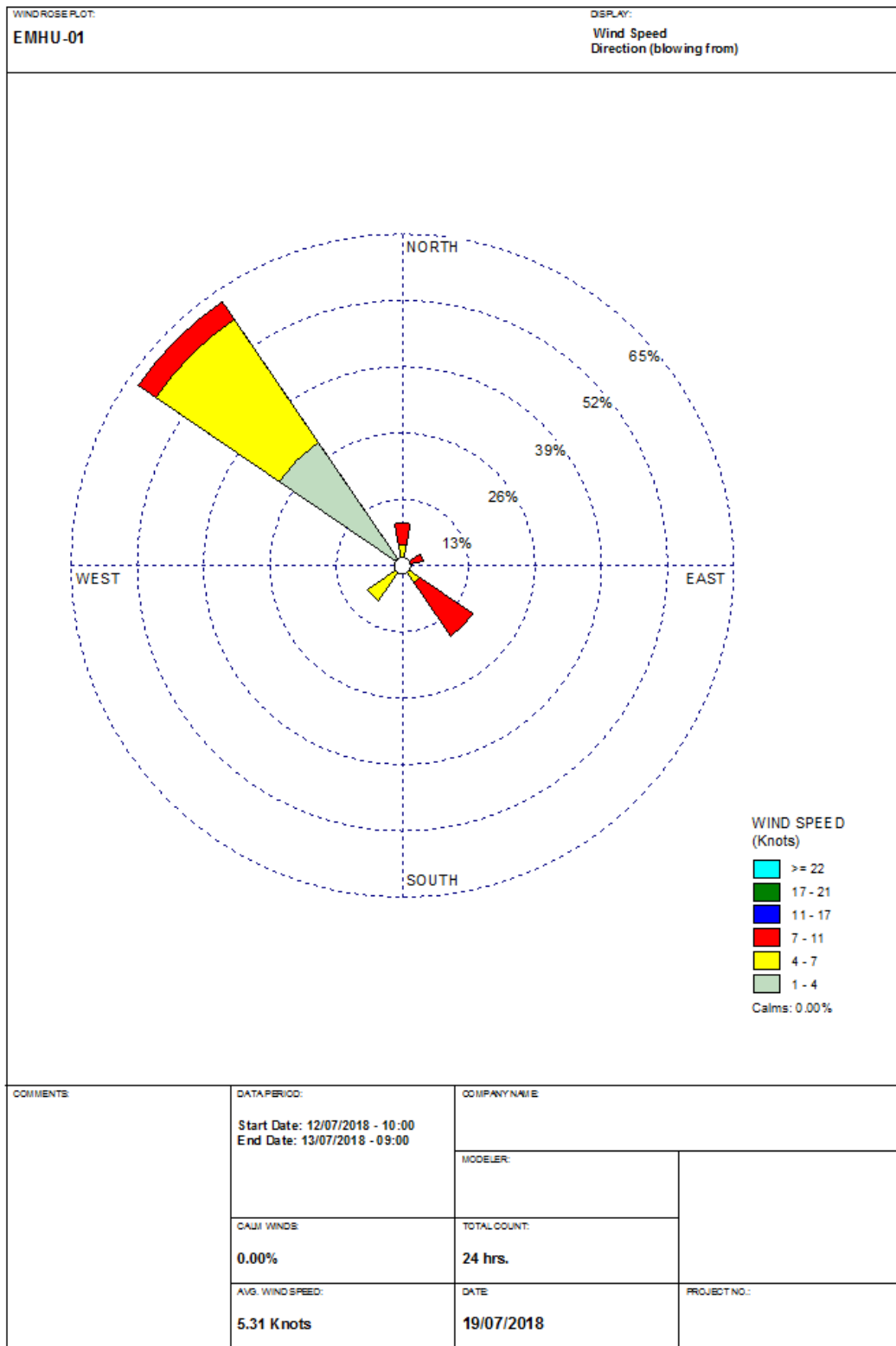


WRPLOT View - Lakes Environmental Software

**Anexo 12:** Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Julio 2018

<b>Datos Meteorológicos de la Estación EMHU-01</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Velocidad Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento</b>	<b>Presión (mbar)</b>
12/07/2018	10:00	19	63	3.1	N	896.1
12/07/2018	11:00	19	48	1.8	NW	892.7
12/07/2018	12:00	21	64	3.1	SW	894.7
12/07/2018	13:00	20	72	4.5	NW	1016.6
12/07/2018	14:00	24	66	3.2	NW	1016.5
12/07/2018	15:00	17	56	3.6	NE	1017.3
12/07/2018	16:00	18	69	2.2	SE	1016.5
12/07/2018	17:00	15	71	4.1	SE	1017.1
12/07/2018	18:00	16	63	3.6	SE	1017.5
12/07/2018	19:00	14	74	2.2	NW	1016.4
12/07/2018	20:00	14	79	1.8	NW	1016.6
12/07/2018	21:00	13	88	2.7	NW	1017.1
12/07/2018	22:00	13	88	2.7	NW	1016.5
12/07/2018	23:00	13	83	1.8	NW	1016.2
13/07/2018	00:00	13	89	2.7	SW	1015.6
13/07/2018	01:00	12	88	1.8	NW	1016.4
13/07/2018	02:00	14	86	2.9	NW	1016.6
13/07/2018	03:00	15	75	4.2	SE	1017.1
13/07/2018	04:00	13	78	3.6	N	1017.4
13/07/2018	05:00	15	69	2.7	NW	1015.9
13/07/2018	06:00	16	82	1.9	NW	1015.7
13/07/2018	07:00	14	90	2.6	NW	1017.8
13/07/2018	08:00	13	77	0.9	NW	1017.5
13/07/2018	09:00	13	80	1.8	NW	1016.5
<b>Promedio</b>		<b>15.6</b>	<b>74.9</b>	<b>2.7</b>	<b>NW</b>	<b>1001.4</b>
<b>MAXIMO</b>		<b>24</b>	<b>90</b>	<b>4.5</b>		<b>1017.8</b>
<b>MINIMO</b>		<b>12</b>	<b>48</b>	<b>0.9</b>		<b>892.7</b>

### Anexo 13: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Julio 2018

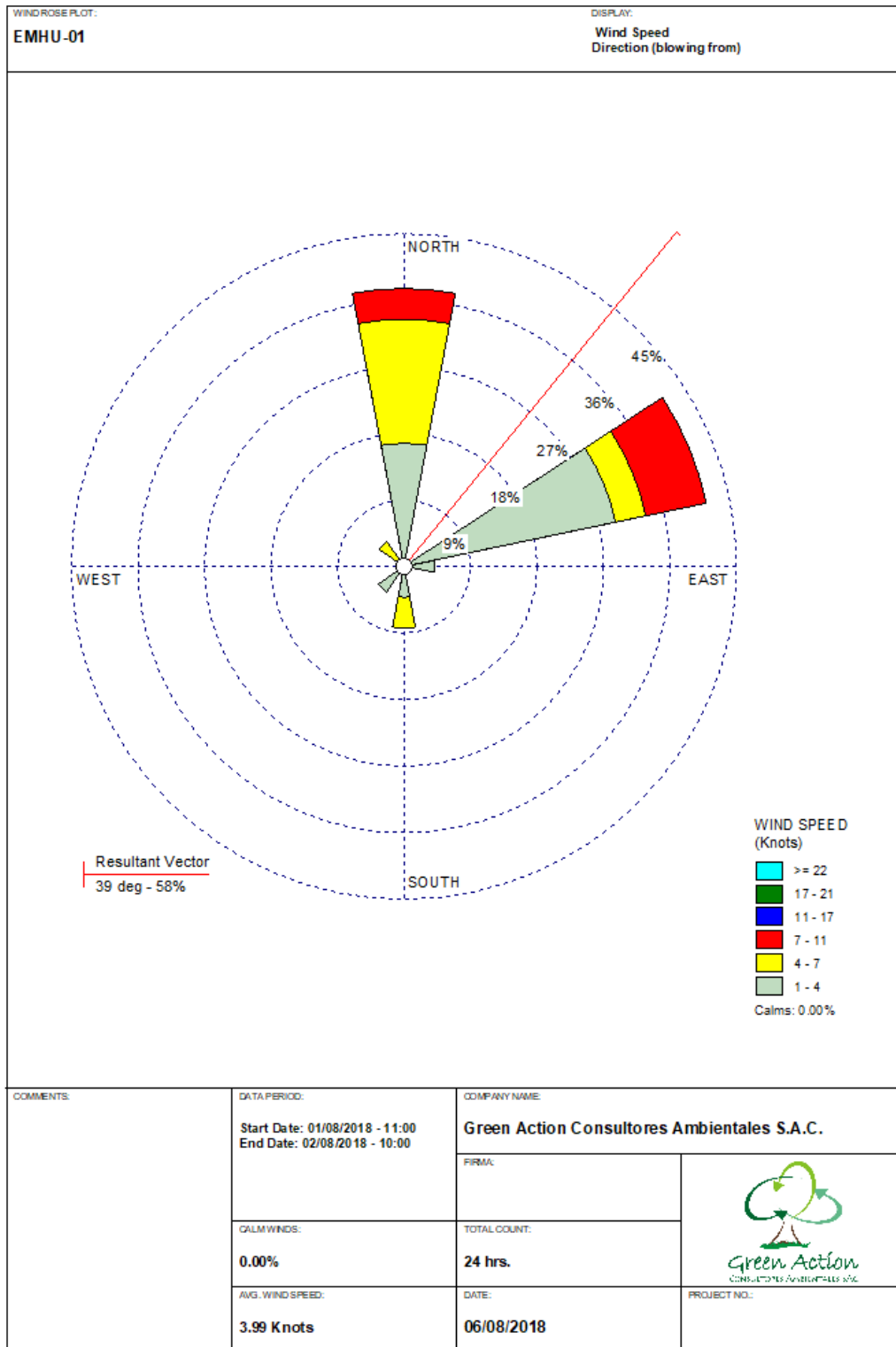




**Anexo 14:** Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Agosto 2018

<b>Datos Meteorológicos de la Estación EMHU-01</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Velocidad Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento</b>	<b>Presión (mbar)</b>
01/08/2018	11:00	18	84	2.2	S	1015.4
01/08/2018	12:00	14	76	2.2	N	1016.8
01/08/2018	13:00	17	66	2.2	N	1015.8
01/08/2018	14:00	19	60	2.2	NE	1014.6
01/08/2018	15:00	19	57	2.2	NW	1014.6
01/08/2018	16:00	20	56	4.0	N	1014.7
01/08/2018	17:00	18	63	3.6	NE	1015.4
01/08/2018	18:00	16	72	3.2	N	1015.8
01/08/2018	19:00	14	76	3.6	NE	1016.8
01/08/2018	20:00	14	79	3.1	N	1017.5
01/08/2018	21:00	13	82	1.3	NE	1017.4
01/08/2018	22:00	14	80	1.3	NE	1017.6
01/08/2018	23:00	13	82	1.8	NE	1017.8
02/08/2018	00:00	13	82	1.3	N	1017.6
02/08/2018	01:00	13	83	1.3	N	1017.6
02/08/2018	02:00	13	83	1.3	SW	1017.1
02/08/2018	03:00	13	82	1.3	NE	1016.4
02/08/2018	04:00	13	83	0.9	N	1016.6
02/08/2018	05:00	13	83	1.3	NE	1016.4
02/08/2018	06:00	13	84	1.8	NE	1017.5
02/08/2018	07:00	13	82	1.8	NE	1017.6
02/08/2018	08:00	14	80	1.8	S	1018.3
02/08/2018	09:00	14	78	1.8	N	1018.8
02/08/2018	10:00	16	73	1.8	E	1018.7
<b>Promedio</b>		<b>14.9</b>	<b>76.1</b>	<b>2.1</b>	<b>NE</b>	<b>1016.8</b>
<b>MAXIMO</b>		<b>20</b>	<b>84</b>	<b>4</b>		<b>1018.8</b>
<b>MINIMO</b>		<b>13</b>	<b>56</b>	<b>0.9</b>		<b>1014.6</b>

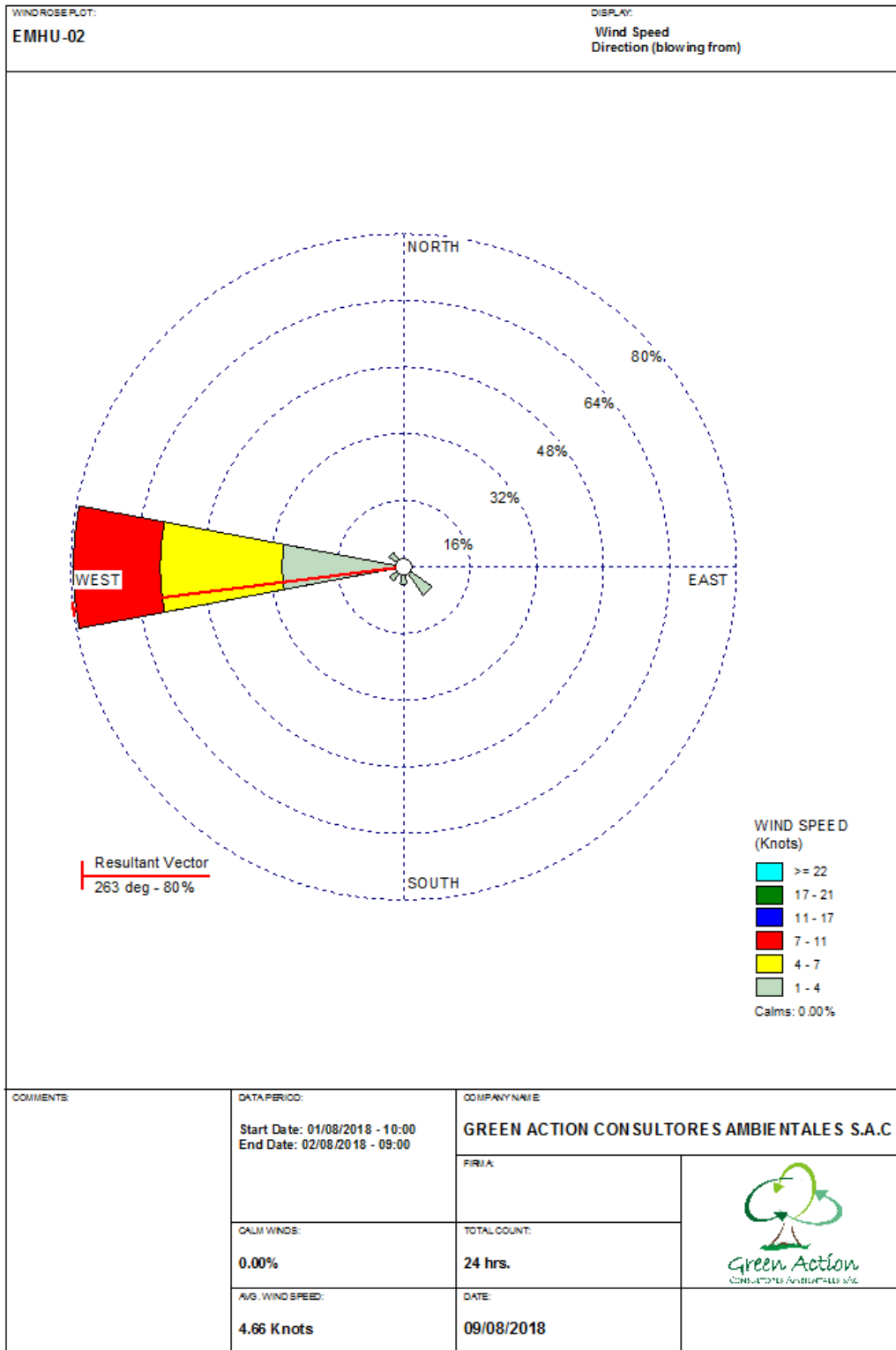
# Anexo 15: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Agosto 2018



**Anexo 16:** Datos meteorológicos de la Estación EMHU-02. Agosto 2018

<b>Datos Meteorológicos de la Estación EMHU-02</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Velocidad Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento</b>	<b>Presión (mbar)</b>
01/08/2018	10:00	12	84	1.8	SW	1019.0
01/08/2018	11:00	13	79	1.3	W	1017.6
01/08/2018	12:00	16	68	4.0	W	1017.0
01/08/2018	13:00	19	60	1.8	W	1015.5
01/08/2018	14:00	19	60	3.6	W	1015.7
01/08/2018	15:00	19	60	2.7	W	1016.1
01/08/2018	16:00	16	70	3.6	W	1016.9
01/08/2018	17:00	14	77	4.0	W	1017.1
01/08/2018	18:00	13	80	2.2	W	1018.2
01/08/2018	19:00	12	85	2.7	W	1018.6
01/08/2018	20:00	12	87	3.1	W	1018.8
01/08/2018	21:00	12	86	4.0	W	1018.8
01/08/2018	22:00	12	88	3.1	W	1019.0
01/08/2018	23:00	12	87	2.7	W	1018.9
02/08/2018	00:00	12	88	2.7	W	1018.4
02/08/2018	01:00	12	88	1.3	W	1017.9
02/08/2018	02:00	12	88	1.8	S	1017.3
02/08/2018	03:00	12	88	1.8	NW	1017.7
02/08/2018	04:00	12	89	1.8	W	1017.1
02/08/2018	05:00	12	89	1.8	W	1017.9
02/08/2018	06:00	12	89	1.3	SE	1018.4
02/08/2018	07:00	12	87	1.3	SE	1018.6
02/08/2018	08:00	13	85	1.8	W	1019.2
02/08/2018	09:00	13	81	1.3	W	1020.3
<b>Promedio</b>		<b>13.5</b>	<b>81.0</b>	<b>2.4</b>	<b>W</b>	<b>1017.9</b>
<b>MAXIMO</b>		<b>19</b>	<b>89</b>	<b>4</b>		<b>1020.3</b>
<b>MINIMO</b>		<b>12</b>	<b>60</b>	<b>1.3</b>		<b>1015.5</b>

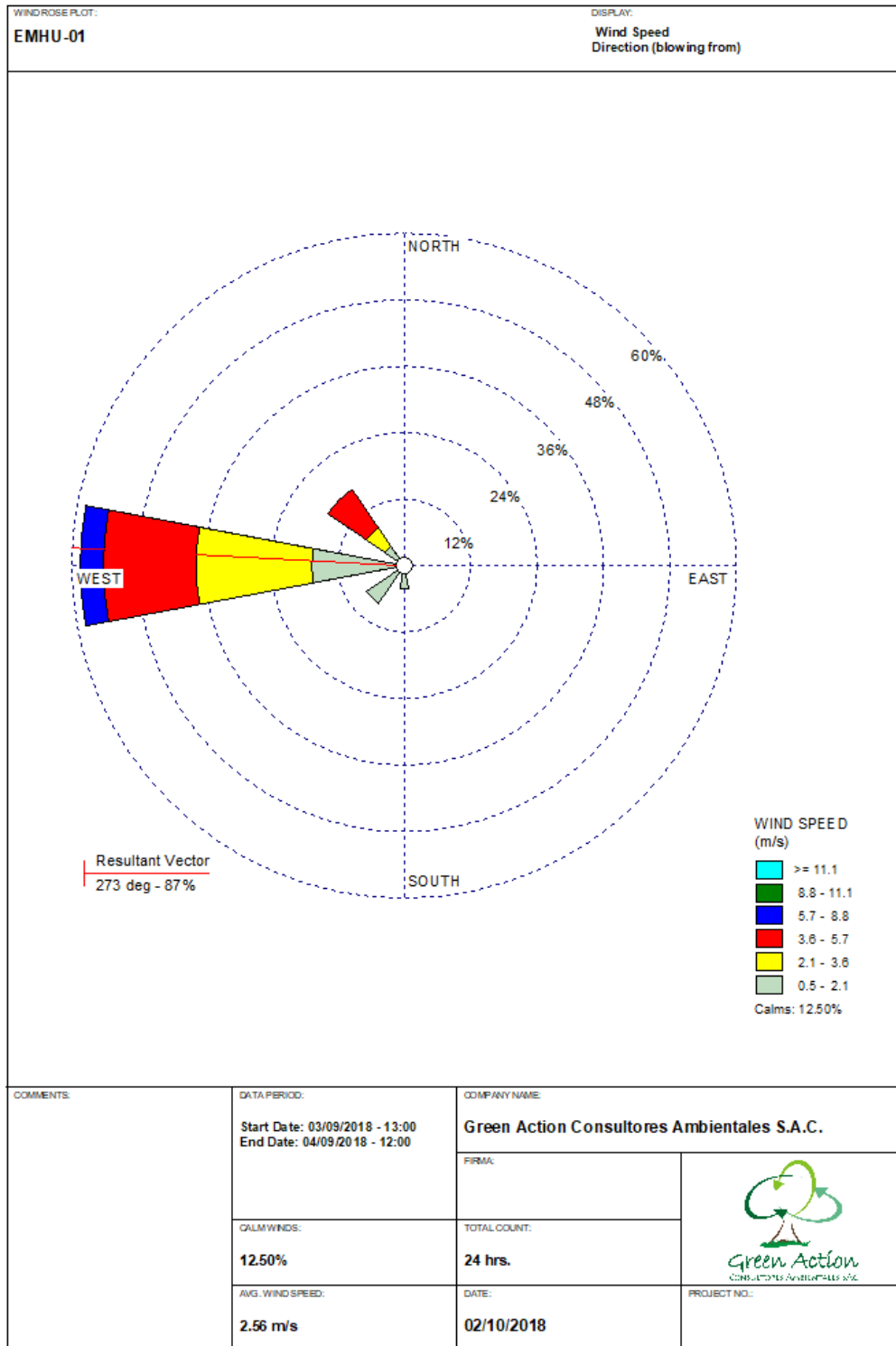
# Anexo 17: Rosa de Viento de la Estación EMHU-02. Agosto 2018



**Anexo 18:** Datos meteorológicos de la Estación EMHU-01. Setiembre 2018

<b>Datos Meteorológicos de la Estación EMHU-01</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Velocidad Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento</b>	<b>Presión (mbar)</b>
03/09/2018	13:00	19	56	4.0	W	1015.0
03/09/2018	14:00	21	52	4.5	W	1152.2
03/09/2018	15:00	21	50	4.9	NW	1541.0
03/09/2018	16:00	21	54	4.9	W	1015.4
03/09/2018	17:00	19	60	6.7	W	1015.6
03/09/2018	18:00	17	69	4.0	W	1015.7
03/09/2018	19:00	14	78	4.5	NW	1015.9
03/09/2018	20:00	14	79	2.7	W	1015.9
03/09/2018	21:00	13	82	3.1	W	1016.0
03/09/2018	22:00	13	82	2.7	W	1016.1
03/09/2018	23:00	13	83	3.1	W	1016.1
04/09/2018	00:00	13	84	2.7	W	1016.0
04/09/2018	01:00	13	84	1.8	NW	1016.1
04/09/2018	02:00	13	84	3.1	NW	1016.1
04/09/2018	03:00	12	78	1.3	W	1016.1
04/09/2018	04:00	12	77	0.9	W	1016.0
04/09/2018	05:00	11	75	1.3	S	1016.0
04/09/2018	06:00	12	69	1.3	SW	1015.7
04/09/2018	07:00	11	68	0.9	SW	1015.8
04/09/2018	08:00	12	70	0.4	NW	1015.6
04/09/2018	09:00	15	70	0	W	1015.5
04/09/2018	10:00	17	75	0.4	W	1014.8
04/09/2018	11:00	19	78	1.3	W	1014.8
04/09/2018	12:00	21	79	1.8	W	1015.1
<b>Promedio</b>		<b>15.3</b>	<b>72.3</b>	<b>2.6</b>	<b>W</b>	<b>1043.3</b>
<b>MAXIMO</b>		<b>21</b>	<b>84</b>	<b>6.7</b>		<b>1541</b>
<b>MINIMO</b>		<b>11</b>	<b>50</b>	<b>0</b>		<b>1014.8</b>

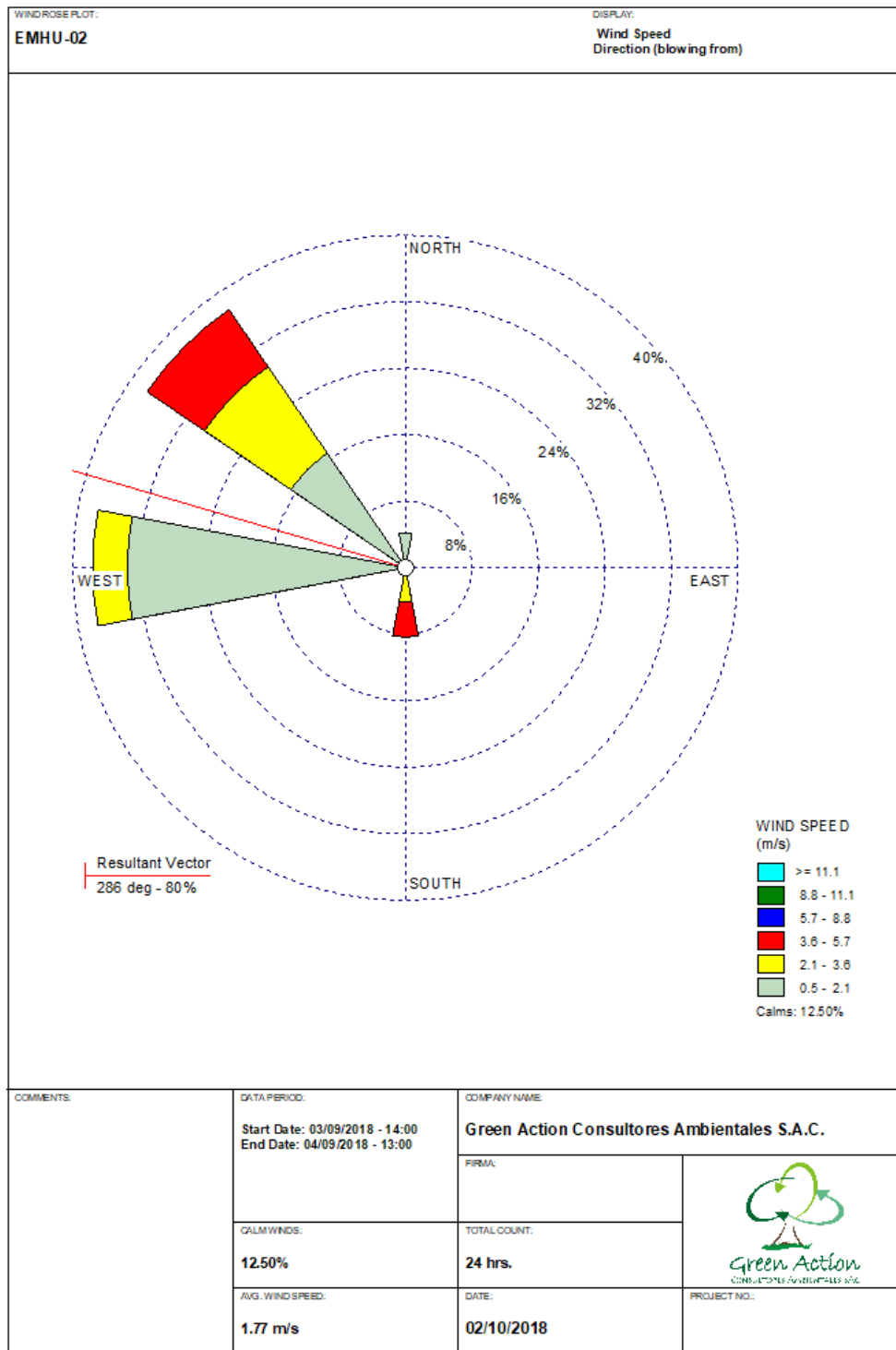
# Anexo 19: Rosa de Viento de la Estación EMHU-01. Setiembre 2018



**Anexo 20:** Datos meteorológicos de la Estación EMHU-02. Setiembre 2018

<b>Datos Meteorológicos de la Estación EMHU-02</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Velocidad Viento (m/s)</b>	<b>Dirección del Viento</b>	<b>Presión (mbar)</b>
03/09/2018	14:00	22	49	3.6	S	1008.8
03/09/2018	15:00	20	57	3.6	NW	1008.9
03/09/2018	16:00	18	62	2.7	NW	1009.6
03/09/2018	17:00	17	70	1.8	N	1010.2
03/09/2018	18:00	15	76	2.7	NW	1011.2
03/09/2018	19:00	15	77	2.7	NW	1011.4
03/09/2018	20:00	14	78	1.8	NW	1012.0
03/09/2018	21:00	14	79	1.8	NW	1012.0
03/09/2018	22:00	14	80	1.8	NW	1011.8
03/09/2018	23:00	14	80	1.3	W	1011.4
04/09/2018	00:00	14	80	1.3	W	1011.0
04/09/2018	01:00	14	79	0.9	W	1010.0
04/09/2018	02:00	13	81	1.3	W	1010.1
04/09/2018	03:00	13	80	0.4	W	1010.2
04/09/2018	04:00	12	82	0.9	W	1010.9
04/09/2018	05:00	12	83	0.4	W	1011.4
04/09/2018	06:00	12	84	0	W	1011.3
04/09/2018	07:00	13	83	0.9	W	1012.8
04/09/2018	08:00	17	67	0.9	W	1012.9
04/09/2018	09:00	20	57	1.3	W	1012.8
04/09/2018	10:00	22	47	1.8	NW	1012.7
04/09/2018	11:00	23	46	2.2	S	1012.2
04/09/2018	12:00	23	45	3.6	NW	1077.1
04/09/2018	13:00	20	50	3.5	W	1075.1
<b>Promedio</b>		<b>16.3</b>	<b>69.7</b>	<b>1.8</b>	<b>W</b>	<b>1016.6</b>
<b>MAXIMO</b>		<b>23</b>	<b>84</b>	<b>3.6</b>		<b>1077.1</b>
<b>MINIMO</b>		<b>12</b>	<b>45</b>	<b>0</b>		<b>1008.8</b>

## Anexo 21: Rosa de Viento de la Estación EMHU-02. Setiembre 2018





## Anexo 22: Certificado de INACAL

# Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Acreditación a:

## **TÉCNICA Y PROYECTOS S.A. SUCURSAL DEL PERÚ**

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

**Sede Acreditada:** Calle Delta N° 269 Urb. Parque Internacional de la Industria y el Comercio, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima.

Fecha de Acreditación: 09 de agosto de 2016  
Fecha de Vencimiento: 09 de agosto de 2019

Registro N° No LE - 099  
Fecha de emisión: 16 de agosto de 2016  
DA-acr-OIP-02M Ver. 00


**Augusto Mello Romero**  
Director - Dirección de Acreditación

The signature is a cursive script in black ink. To the right of the signature is a circular official stamp. The stamp contains the text 'Instituto Nacional de Calidad - Acreditación' around the perimeter, 'DA' in the center, and 'A. Mello Romero - Director' below the center.

## Anexo 23: Fichas Técnicas de los equipos

FICHA TÉCNICA			
<b>NOMBRE</b>		<b>HI VOL</b>	
<b>Marca</b>	Thermo Scientific	Thermo Electron	Thermo Scientific
<b>Modelo</b>	Volumétrico	G10557	Volumétrico
<b>N° de Serie</b>	P8087X	P9499X	P9230X
<b>Fecha de Calibración del equipo</b>	10/07/2017	25/04/2018	10/07/2017
<b>Fecha de Vencimiento de calibración</b>	10/07/2018	25/04/2019	10/07/2018
<b>FUNCIÓN</b>	<p>Muestreador de aire de alto volumen se utiliza para la recolección de partículas suspendidas en el aire. Están disponibles para la recolección de partículas suspendidas, material particulado con un diámetro aerodinámico de menos de 10 <math>\mu\text{m}</math> (PM10) y menos de 2.5 <math>\mu\text{m}</math> (PM2.5), el cual succiona el aire del ambiente haciéndolo pasar a través de un filtro el cual retiene las partículas.</p>		
			

**FICHA TÉCNICA**

<b>NOMBRE</b>	<b>LOW VOL</b>
<b>Marca</b>	BGI
<b>Modelo</b>	PQ - 100
<b>N° de Serie</b>	0518
<b>Fecha de Calibración del equipo</b>	22/08/2017
<b>Fecha de Vencimiento de calibración</b>	22/08/2018
<b>FUNCIÓN</b>  Muestreador de aire de bajo Volumen que captan Partículas en suspensión con un diámetro menor a 10 micras y menor a 2.5 micras, que succiona el aire del ambiente y lo pasa por un filtro de fibra de teflón y cuarzo.	

**FICHA TÉCNICA**

<b>NOMBRE</b>	
<b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA</b>	
<b>Marca</b>	Davis Instruments
<b>Modelo</b>	Vantage Pro 2
<b>N° de Serie</b>	AZ170718039
<b>Fecha de Calibración del equipo</b>	21/11/2017
<b>Fecha de Vencimiento de calibración</b>	21/11/2018

<b>Marca</b>	Davis Instruments	Davis Instruments
<b>Modelo</b>	Vantage Pro 2	Vantage Pro 2
<b>N° de Serie</b>	AZ170718039	AZ170525074
<b>Fecha de Calibración del equipo</b>	21/11/2017	18/08/2017
<b>Fecha de Vencimiento de calibración</b>	21/11/2018	18/08/2018

<b>FUNCIÓN</b>
<p>La estación meteorológica es una instalación destinada a medir la temperatura, humedad interior y exterior, la velocidad del viento, dirección del viento, la más alta de ráfagas de viento y el viento frío. Para el registro de estos datos se utiliza una consola meteorológica, que se interconecta a la computadora utilizando un software WeatherLink opcional. La estación inalámbrica transmite los datos de los sensores exteriores desde el ISS a la consola mediante un sistema de radiofrecuencia de baja potencia.</p>