

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Evaluación de la situación actual de la Red de Monitoreo de la  
Calidad del Aire de Lima y Callao, durante el 2021**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Eber Vasquez Hoyos

**Asesor:**

Ing. Dario Ccaccya Ccaccya

Lima, Ñaña. Marzo de 2024

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo **Dario Ccaccya Ccaccya**, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LIMA Y CALLAO, DURANTE EL 2021”** del autor **Eber Vasquez Hoyos**, tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 27 días del mes de marzo del año 2024



---

Ing: Darío Ccaccya Ccaccya

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima Ñaña Villa Unión a los 12 día(s) del mes de marzo del año 2024 siendo las **8:30 horas**, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente (a) **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, y los miembros: **Mg Jackson Edgardo Pérez Carpio**; **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, el asesor **Ing. Darío Ccaccya Ccaccya**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de tesis titulado **“Evaluación de la situación actual de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Lima y Callao, durante el 2021.”**

del Bachiller **EBER VASQUEZ HOYOS**,

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

El presente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato. Luego se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

CALIFICACION	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B<sup>+</sup></b>	<b>MUY BUENO</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

Finalmente, el presidente del jurado invitó al candidato a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga

Presidente

\_\_\_\_\_  
Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

Secretario

\_\_\_\_\_  
Ing. Darío Ccaccya Ccaccya

Asesor

\_\_\_\_\_  
Ing. Orlando Alan Poma Porras

Miembro

\_\_\_\_\_  
Eber Vásquez Hoyos

Candidato

\_\_\_\_\_  
Mg Jackson Edgardo Pérez Carpio

Miembro

## ÍNDICE

1	Resumen .....	1
2	Introducción .....	1
3	Materiales y Métodos .....	1
3.1	Lugar de Estudio .....	1
3.2	Metodología .....	3
3.3	Ubicación de Estaciones Meteorológicas y de Calidad del Aire .....	3
3.4	Registro de Datos Horarios de las Estaciones Meteorológicas .....	5
4	Resultados y Discusiones .....	5
4.1	Evaluación de las Ubicaciones de las Estaciones Meteorológicas .....	6
4.2	Evaluación de los Registro de Datos Horarios de las Estaciones Meteorológicas y de Calidad del Aire .....	1
5	Conclusiones .....	17
6	Recomendaciones.....	17
7	Agradecimientos .....	17
8	Referencias .....	18

# Evaluación de la situación actual de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Lima y Callao, durante el 2021.

Eber Vasquez Hoyos

*Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP, Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.*

## 1 Resumen

El presente artículo desarrolla un análisis de la situación actual de la red de estaciones meteorológicas y de calidad de aire de Lima y Callao en Perú durante el 2021, en función a la Guía de Redes de Observación OMM, y al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) Se realizó una inspección de 10 estaciones, considerando características como : espacio, cercado de malla, altura del anemómetro, caseta para sensores, entre otros, luego se realizó el procesamiento de 8760 horas de registros para cada estación, determinando su representatividad en porcentaje de datos no registrados  $< 20\%$  y porcentaje de datos registrados  $\geq a 80\%$  Los resultados mostraron que las estaciones están inadecuadamente ubicadas, incumpliendo con los criterios establecidos por la OMM y el SENAMHI, ya que 5 presentan un inadecuado mantenimiento y dentro de estas 3 están inoperativas, las otras 5 estaciones cumplen con los criterios técnicos establecidos en la OMM, presentan un mantenimiento adecuado, 3 de ellas generan datos representativos y viables para su uso. Se concluye que de 10 estaciones inspeccionadas 3 estaciones están adecuadamente ubicadas y presentan un registro de datos aceptable mayor a 80% mensual de forma continua para los 12 meses del año.

**Palabras clave:** Estación meteorológica, parámetros meteorológicos y de calidad del aire, mantenimiento, representatividad de datos, SENAMHI.

## Evaluation of the current situation of the Air Quality Monitoring Network of Lima and Callao, during 2021.

### Abstract

This article develops an analysis of the current situation of the network of meteorological and air quality stations in Lima and Callao in Peru during 2021, based on the WMO Observation Networks Guide, and the National Meteorology and Hydrology Service of Peru (SENAMHI) An inspection of 10 stations was carried out, considering characteristics such as: space, mesh fencing, height of the anemometer, sensor house, among others, then the processing of 8760 hours of records was carried out for each station, determining its representativeness in percentage of unregistered data  $< 20\%$  and percentage of recorded data  $\geq to 80\%$  The results showed that the stations are inadequately located, not complying with the criteria established by the WMO and SENAMHI. since 5 are inadequately maintained and within these 3 are inoperative, the other 5 stations comply with the technical criteria established in the WMO, have adequate maintenance, 3 of them generate representative and viable data for use. It is concluded that out of 10 stations inspected, 3 stations are adequately located and present an acceptable data record of more than 80% per month continuously for the 12 months of the year.

**Keywords:** Weather station, meteorological and air quality parameters, maintenance, data representativeness, SENAMHI.

## 2 Introducción

La contaminación del aire se incrementa cada año debido al crecimiento urbano, aumento de las emisiones contaminantes industriales y el parque automotor según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2021) siendo considerado un importante problema ambiental por su efecto no solo en la salud de las personas sino también en los componentes de los ecosistemas según el Institute for Health Métricas y Evaluación (IHME, 2022). La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) indica que más del 92 % de la población mundial no respiran aire puro, además es causante de la muerte de 8 millones de personas por año en el mundo, como consecuencia de ello le cuesta a la economía mundial 5 billones de dólares cada año (Banco Mundial, 2021). En países como Estados Unidos, Canadá y China el desarrollo de investigación en contaminación del aire en áreas urbanas se viene trabajando extensamente, a diferencia de países en vías de desarrollo donde existe escasa información de calidad de aire y los datos eventuales no se difunden de manea eficiente (Fuller et al., 2022).

América Latina y el Caribe han registrado un crecimiento en la exposición a la contaminación del aire entre 1990 y 2014, el 79% de la población de esta región vive en áreas urbanas (Romieu et al., 2014). Las fuentes de emisiones contaminantes atmosféricas que dominan el impacto en la calidad de aire también varían en gran medida de un país a otro ya que en las diferentes ciudades se superan los valores umbral recomendados por la OMS en valores medios anuales (OMS, 2018) según la base de datos Global de contaminación Atmosférica Urbana de la OMS (WHO, 2016) en 122 ciudades de 16 países latinoamericanos que reportan permanentemente concentraciones de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  indica que 9 países solo informan sobre la calidad de aire en la ciudad capital y 6 países reportan de 7 a más ciudades. Precizando que la mayoría de ciudades con mayor calidad de aire son las ciudades que tiene una población menor a 1 millón de habitantes y ciudades costeras con una mejor ventilación como Buenos Aires y Monte Video, por otro lado, las ciudades más complejas que superan los  $50 \text{ ug/m}^3$  son Lima, Bogotá, Santiago, Ciudad de México, San Paulo (Herrera, 2020).

En el Perú existen diferentes factores que afectan la calidad del aire, como sustancias contaminantes de naturaleza gaseosa o solida (partículas) que usualmente son producidas de manera natural o antropogénica, es por ello que en nuestro país la calidad de aire está basada en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA Aire) donde se establecen niveles para informar sobre la presencia de contaminantes en el aire, de modo que cuando los niveles se mantiene bajos no representa riesgos para la salud ni para el medio ambiente según el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2021). El monitoreo de calidad de aire en el Perú se dio inicio a través del Ministerio de Salud (MINSAL) ha mediado de los años 90 a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), posteriormente en el año 2008 el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos ambientales (DGIA) inicio con el proyecto “Implementación de un Servicio de Pronóstico de Calidad de Aire en la zona Metropolitana de Lima y Callao (SENAMHI, 2020).

Con iniciativa del SENAMHI en el año 2008 entra en ejecución el Proyecto denominado “Implementación de un servicio de pronóstico de calidad de aire para Lima y Callao” implementando una red automática de monitoreo de calidad de aire, dando inicio a la operación de tres estaciones meteorológicas, y al finalizar el año con cuatro estaciones, posteriormente en el año 2011 Lima contaba con cinco estaciones meteorológicas cubriendo el 30% de estaciones para pronosticar el clima en la capital seguidamente en noviembre del 2015 se contaba con la presencia

de seis estaciones automáticas, actualmente la red de monitoreo de calidad de aire del SENAMHI en Lima metropolitana cuenta con diez estaciones meteorológicas automáticas que se encuentran monitoreando de manera continua, ubicadas en los distritos de Puente Piedra, Jesús María, San Juan de Lurigancho, Santa Anita, San Borja, Ate, Huachipa, San Martín de Porres, Carabayllo y Villa María del Triunfo. Según el Manual Técnico de Estandarización para el Registro de la Meta Data (SENAMHI, 2021) una estación está operativa cuando cumple con las obligaciones de comunicación de datos considerando que los registros declarados de la estación deben llegar a transmitir en un porcentaje mayor o igual al 80%, por otro lado, si una estación no reporta datos temporales será declarada como estación inoperativa.

Las condiciones climatológicas de hoy en día se han vuelto tan inestables, que es de vital importancia identificar su comportamiento, para ello es necesario la instalación de estaciones meteorológicas, dichas estaciones pueden suministrar datos precisos y registros diarios de parámetros climatológicos que afectan una región de un determinado país, para hacer frente a los fenómenos meteorológicos extremos y el monitoreo ambiental en tiempo real y los pronósticos de calidad de aire (Waruru, 2018) en la localidad de Vellore, India evaluaron los registros meteorológicos y estaciones meteorológicas donde se evidenciaron que están ubicadas en sitios inadecuados y tiene registros incompletos por lo tanto se concluye que los datos no registrados en una estación meteorológica incluyen una amplia variación en las estimaciones, lo que obliga a los investigadores excluir datos de resultados reduciendo el poder estadístico o depender de medidas resumidas reduciendo la variabilidad y la resolución temporal (Ahmed et al, 2018)

En la región de Andalucía España se desarrollaron una investigación de procesamiento de datos de 20 estaciones meteorológicas automáticas teniendo como resultados la falta de información en más de 10 estaciones ya que no contaban con datos en la mayoría de meses del año además se pudo identificar la falta de mantenimiento reparación y calibración de los sensores (Estévez & Gavilán, 2015) Debido a la falta de información actual sobre el estado real en el cual se encuentran las estaciones de la Red de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire de Lima y Callao, la presente investigación tiene por objetivo evaluar la situación actual de las ubicaciones de las estaciones y los registros ambientales durante el 2021, con la finalidad de dar a conocer los resultados a las poblaciones de Lima y Callao.

### **3 Materiales y Métodos**

#### **3.1 Lugar de Estudio**

Lima metropolitana se encuentra ubicada en la costa central del Perú, situada en tres cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín, su altitud varía entre 0 y 850 m.s.n.m. según el Instituto Metropolitano de Planificación (IMP, 2012), además tiene 43 distritos y cuenta con una población actual de 10 400 141 habitantes representando el 29.9% de la población de todo el país (INEI, 2022). En la tabla 1 se presenta la distribución de la población en Áreas Interdistritales. Debido a su ubicación geográfica Lima Metropolitana tiene entre sus principales climas, el tipo árido con poca presencia de lloviznas ligeras en algunos meses del año, La Red de Monitoreo Automática de la Calidad del Aire (REMCA) del SENAMHI en Lima metropolitana y el Callao consta de 10 estaciones implantadas con equipos automáticos que monitorean de forma consecutiva los siguientes parámetros: dirección de viento, velocidad de viento, humedad, precipitación, temperatura, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, en la Figura 1 muestra el área de estudio que representa a Lima metropolitana, además se visualiza una

estación de calidad de aire denominado Campo de Marte (Figura 2). Los datos de calidad de aire son registrados por tres instituciones, la Dirección General de Salud Ambiental DIGESA que pertenece al Ministerio de Salud (MINSA) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

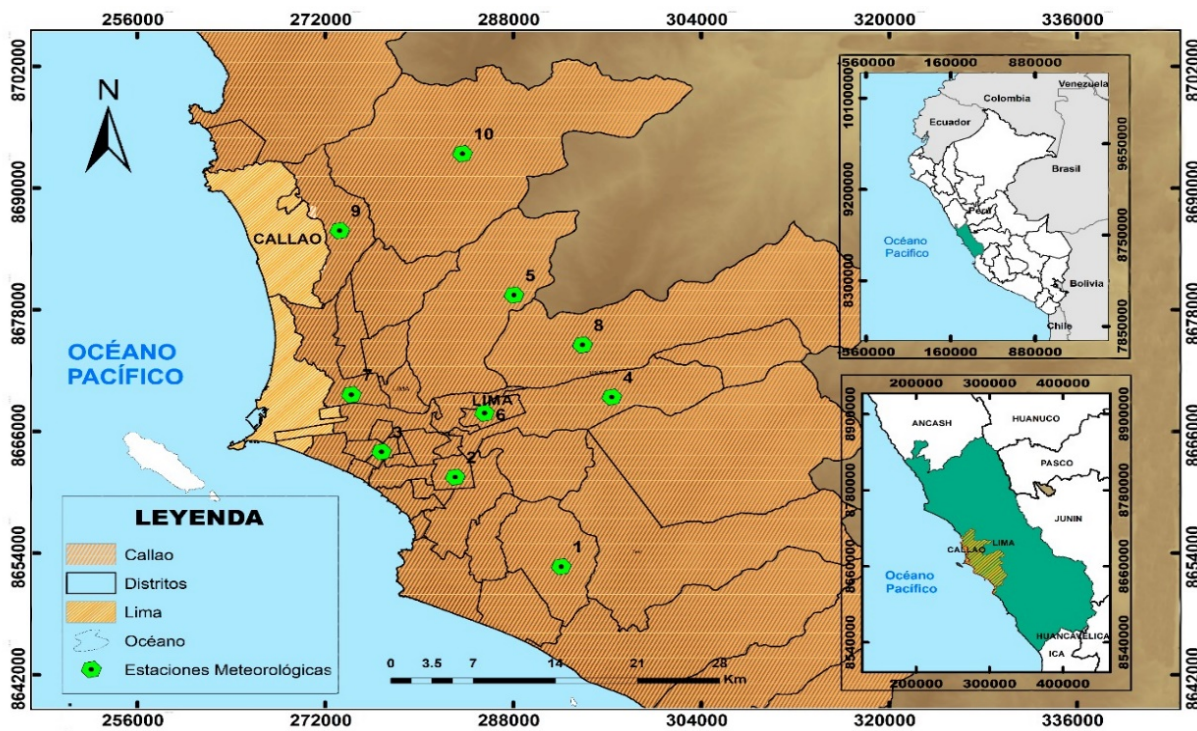
del Perú (SENAMHI) que pertenece al Ministerio del Ambiente (MINAM) y la Autoridad de Transporte Urbano (ATU) que pertenece al Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC (Infoaireperu, 2021).

**Tabla 1**

*Distribución de la Población de Lima Metropolitana y Callao.*

Zona	Población
Lima Norte	2 465 288
Lima Este	2 491 856
Lima Sur	1 706 733
Lima Centro	1 911 097
Total	8 574 974

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2021)



**Figura 1.** Ubicación del lugar de estudio  
Fuente: Elaborado por el autor de la investigación





**Figura 2:** Estación de monitoreo Campo de Marte  
Fuente: SENAMHI (2019)

**Tabla 2**

*Estaciones Meteorológicas de Lima y Callao.*

<b>Zona</b>	<b>Código</b>	<b>Nombre de la Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Latitud S</b>	<b>Longitud E</b>	<b>Altitud msnm</b>
Norte	PPD	Puente Piedra (PPD)	Complejo Municipal Gallo de Oro – Puente Piedra	8 687 726	274 050	180
	CRB	Carabayllo (CRB)	Piscina Municipal de Carabayllo	8 683 451	278 492	228
	SMP	San Martín de Porres (SMP)	Parque Ecológico de San Martín de Porres	8 671 609	273 051.83	120
Este	SJL	San Juan de Lurigancho (SJL)	Universidad César Vallejo – San Juan de Lurigancho	8 674 686	282 306	205
	HCH	Huachipa (HCH)	Palacio Municipal de Huachipa	8 670 829	287 827	435
	ATE	Ate (ATE)	Parque frente al Municipal de Ate	8 669 824	291 099	339
	STA	Santa Anita (STA)	Palacio Municipal de Santa Anita	8 667 925	285 386	187
	Centro	CDM	Campo de Marte (CDM)	Campo de Marte – Jesús María	8 664 772	277 612
SBJ		San Borja (SBJ)	Complejo Polideportivo Limatambo – San Borja	8 660 634	281 489	170
Sur	VMT	Villa María del Triunfo (VMT)	Parque Nueva Esperanza – Villa María del Triunfo	8 654 310	2914 092	156

Fuente: SENAMHI (2022). ubicación de las estaciones y registro

### 3.2 Metodología

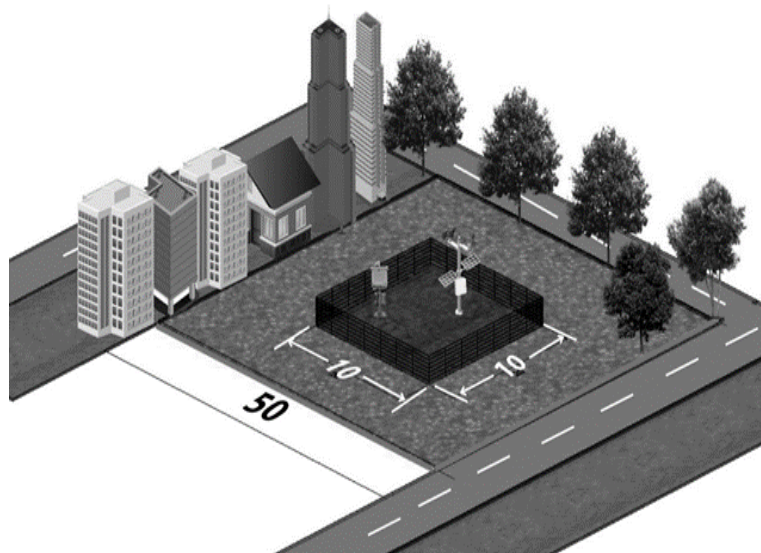
A partir de los datos registrados por la red de estaciones meteorológicas y de calidad del aire de Lima y Callao, se determinó la representatividad de estos en porcentaje de datos no registrados < 20% y porcentaje de datos registrados  $\geq$  a 80%, adicionalmente se determinó si las estaciones están adecuadamente ubicadas y cumplen con los criterios establecidos por los organismos nacionales e internacionales tales como la OMM, OEE y el SENAMHI. Tomando como principales variables: La situación actual de la ambientales. Red de Monitoreo y vigilancia de la Calidad del Aire de Lima y Callao.

### 3.3 Ubicación de Estaciones Meteorológicas y de Calidad del Aire

Para la ubicación de una red de estaciones meteorológicas de acuerdo al Manual Técnico de Instalación y Operación de Estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del

Perú (SENAMHI, 2021), menciona que la estación se debe instalar dentro de una superficie plana con un terreno cubierto de hierba corta, la ubicación de la estación meteorológica debe estar a una distancia considerable de árboles edificios u otros obstáculos fijos o temporales además los sensores debe estar instalados sobre una estructura de materia sólida y resistente, el entorno cercano a la estación debe mantenerse inalterable durante el tiempo de su funcionamiento. Según el Reglamento Técnico N° 49 (OMM, 2019) recomienda, el mejor lugar para realizar las mediciones es un terreno despejado a la luz del sol y del viento, el terreno debe estar situado en el centro de un espacio despejado de 50 m x 50 m, la estación debe estar protegida con un cercado de 1.8 m de altura, el cercado puede ser de 5 m x 5 m y de ser posible de 10 m x 10 m, si se usa la red de energía eléctrica se debe tomar precauciones con el fin de minimizar el riesgo de sobre cargas y cortocircuitos que pudieran dañar los equipos, la instalación debe disponer de un centro de carga conectado a un sistema de tierra física y a un medidor, por otro lado si se trata de paneles solares el panel debe ser montado en la estructura con orientación norte. La evaluación de las estaciones meteorológicas de la red de monitoreo de calidad de aire de Lima y Callao, se desarrolló mediante una inspección física en campo, donde se evaluó la situación actual de cada estación haciendo uso de los criterios técnicos de la Organización

Meteorológica Mundial (OMM) y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), mediante un Checklist se consideraron las siguientes características: dimensiones del espacio de la estación, presencia de obstáculos cercanos a las estaciones y la presencia de edificios construidos a menos de 50 metros hacia las estaciones, por otro lado dentro de la estación se evaluó el cercado de malla, altura adecuada de los equipos como el anemómetro (10 m sobre el nivel del suelo), la existencia de un caseta para los sensores, entre otros. Además, haciendo huso del Google Earth se midieron las distancias de algún obstáculo hacia la ubicación de la estación con el fin de determinar la calidad de su operatividad tomando como referencia la siguiente Figura 3 donde se muestra gráficamente las condiciones adecuadas para una ubicación representativa de una Estación Meteorológica.



**Figura 3.** Condiciones para la adecuada ubicación de una Estación Meteorológica.

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación

### 3.4 Registro de Datos Horarios de las Estaciones Meteorológicas y de Calidad del Aire

La ubicación de las estaciones es de vital importancia y los errores de representatividad pueden ser muchos mayores de los previstos cuando una estación se encuentra ubicada en zonas de montaña o aislada, existe una probabilidad que los datos no sean representativos en los fenómenos de macro y micro escala según la Guía de Redes de Observación (OMM, 2010), sin embargo una buena información de los datos y homogeneidad en los registros pueden ser de mucha utilidad para los usuarios cuando se quiera desarrollar investigaciones, los datos deben ser Inter comparables en la totalidad de los registros. Por otro lado, la Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (OMM, 2017) indica si se obtiene los registros de una misma ubicación pero en fecha diferente puede aparecer problemas vinculados a las modificaciones de las prácticas de observación (OMM, 2010), de acuerdo al Manual Técnico de Estandarización para el registro de Meta Data (SENAMHI, 2021) menciona que para garantizar un buen análisis de la operatividad se requiere como mínimo un monitoreo de los datos mensualmente y cada estación debe llegar a transmitir un porcentaje mayor o igual al 80%, caso contrario si una estación no reporta datos temporales será declarada como inoperativa.

En una estación meteorológica automática (EMA) las mediciones se realizan con instrumentos que son recibidos por una unidad central de medición de datos, estos datos pueden ser procesados dentro de la misma EMA (OMM 2010) estas estaciones meteorológicas están diseñados con un conjunto de diversos dispositivos de medición, generalmente cuenta con un CPU que está formado por un datalogger que cumple la función de recibir cada una de las lecturas de los sensores y almacenar la información en la memoria para posteriormente realizar los cálculos de acuerdo a lo establecido en la programación, posteriormente a través de un software denominado loggernet se facilita la captura de los datos utilizando el datalogger, en caso falten los datos, existen muchos métodos dentro de ellos el más común es el Llenado con Inverso de la Distancia Euclidiana al Cuadrado que consiste en determinar la matriz de distancias de todas las estaciones de la zona en estudio, así como determinar los estadísticos básicos de las series meteorológicas sin llenado (Campos, 2012). La evaluación de los registros horarios del 2021 de las estaciones de la Red de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire de Lima y Callao consistió en el ordenamiento de 8760 horas de registros que corresponden a las horas registradas por cada una de las estaciones correspondientes a los siguientes parámetros meteorológicos: Dirección de viento ( $0^\circ - 360^\circ$ ), velocidad de viento (m/s), temperatura ( $C^\circ$ ), humedad relativa (%), precipitación (mm/h) y parámetros de calidad del aire  $PM_{10}$  ( $\mu g/m^3$ ),  $PM_{2.5}$  ( $\mu g/m^3$ ),  $NO_2$  ( $\mu g/m^3$ ),  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ ),  $O_3$  ( $\mu g/m^3$ ),  $CO$  ( $\mu g/m^3$ ).

Para cada una de las estaciones se identificó los datos faltantes o no registrados mediante el autocompletado de una celda vacía en su lugar de registro, esto se hizo para cada uno de los meses y horas respectivas, enero (744 horas), febrero (672 horas), marzo (744 horas), abril (720 horas), mayo (744 horas), junio (720 horas), julio (744 horas), agosto (744 horas), setiembre (720 horas), octubre (744 horas), noviembre (720 horas) y diciembre (744 horas). Finalizada la identificación de los datos faltantes, se pasó a contabilizar mes por mes el porcentaje de datos faltantes horarios los cuales no deben de superar el 20% por mes durante el 2021, este proceso se repitió para cada una de las 10 estaciones.

## 4 Resultados y Discusiones

Se inspeccionaron las características como: cerco perimétrico, caseta, altura del anemómetro, presencia de árboles cercanos, edificios cercanos y mantenimiento, de las 10 estaciones meteorológicas y de calidad del aire, se evidencio que las estaciones: SMP, STA, CMP, SBJ y VMT se encuentran operativas y registran datos viables para ser usados, finalmente se realizó la

evaluación del porcentaje de registros de datos horarios para las 10 estaciones para parámetros meteorológicos y de calidad del aire, considerando los registros aceptables mayor o igual al 80% mensual.

#### 4.1 Evaluación de las Ubicaciones de las Estaciones Meteorológicas y de Calidad del Aire

La Tabla 3 muestra los resultados de la inspección en campo de las 10 estaciones de la red de monitoreo y calidad de aire de Lima y Callao. Se tomo en cuenta las siguientes características para cada estación; Cerco perimétrico, la estación debe estar protegida por un cercado en una área de 10 m<sup>2</sup> y una altura del cerco de 1.8 m; Caseta, debe estar instalada a una distancia considerable de árboles, edificios, muros u otros obstáculos; Altura del Anemómetro, debe encontrarse a una altura de 10 m sobre el suelo; Árboles cercanos, se debe evitar la presencia de árboles con alturas mayores a 7 m a una distancia menor a 25 m; Edificios Cercanos, se debe evitar la existencia de edificios con alturas superiores a 3 pisos a una distancia mínima a 25 m a la estación; Mantenimiento, se debe realizar limpieza del área interna y externa de la estación y evitar cualquier maleza u objeto ajeno a los instrumentos meteorológicos, además mantener el equipamiento e infraestructura en óptimas condiciones de operación evitando que la suciedad afecte las mediciones de los equipos.

**Tabla 3**

*Resultados de Inspección en Campo de las Estaciones Meteorológicas de Lima y Callao.*

Estaciones	Cerco Perime.	Caseta	Altura Anem.	Árboles Cercanos	Edificios Cercanos	Mantenimiento
PPD	Si	Si	Si, 6.0 m	Si, 5 m	Si, 5 m	No
CRB	Si	Si	Si, 7.0 m	Si, 4 m	Si, 6 m	No
SMP	Si	Si	Si, 7.0 m	Si, 3 m	Si, 10 m	Si
SJL	Si	Si	Si, 7.0 m	Si, 4 m	Si, 5 m	Si
HCH	Si	Si	Si, 8.0 m	No	No	No
ATE	No	No	No	Si, 4 m	Si, 8 m	No
STA	Si	Si	Si, 15.0 m	No	No	Si
CDM	Si	Si	Si, 8.0 m	Si, 5 m	Si, 10 m	Si
SBJ	Si	Si	Si, 6.0 m	Si, 6 m	Si, 10 m	Si
VMT	Si	Si	Si, 8.0 m	No, 3 m	Si, 4 m	Si

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación.

Finalizada la inspección de campo de las estaciones de la red de monitoreo y calidad de aire de Lima y Callao, se evidencio lo siguiente:

La estación PPD cuenta con cerco perimétrico que cumple los criterios establecidos, caseta de color blanco que se encuentra a una altura adecuada, con respeto a la altura del anemómetro es de 6 m, no cumpliendo los criterios técnicos, y actualmente se encuentra inoperativo, por otro lado se observa abundante cantidad de árboles con alturas mayores a los 5 m a menos de 10 metros de distancia a la estación, de la misma forma, se puede evidenciar la construcción de 3 edificios que

superan los 6 m de altura en dirección sur y se encuentran muy cercanos a la estación, con respecto al mantenimiento no es el adecuado ya que los sensores están inoperativos.

La estación CRB presenta un cerco perimétrico que cumple con los criterios técnicos establecidos, cuenta con caseta para sensores con un adecuado mantenimiento, el anemómetro se encuentra a unos 7 m de altura, sin embargo, existen la presencia de árboles con alturas mayores a 4 m muy cerca a la estación, se observa la presencia de 2 edificios superiores a 6 m muy cercanos a la estación, con respecto al manteniendo no cuenta con este, y actualmente está inoperativa.

La estación SMP presenta un cerco perimétrico que cumple las especificaciones técnicas en cuanto a la caseta es de color blanco con un mantenimiento adecuado, la altura del anemómetro es de 7 m por lo tanto incumple los criterios técnicos, existen la presencia de tres arboles superiores a los 10 m de altura muy cercanos a la estación, además se puede evidenciar la construcción de edificios superiores a 6 m de altura a menos de 25 m de la estación, se puede considerar con un mantenimiento adecuado por la operatividad de los sensores, y la limpieza interior y exterior de la estación.

La estación SJL cuenta con cerco perimétrico que cumple los criterios establecidos, la caseta tiene adecuado mantenimiento, el anemómetro tiene una altura de 7 m y se encuentra operativo, por otro lado, existen presencia de árboles con altura mayores a 4 m a una distancia de 5 m de la estación, también la presencia de edificios superiores a 5 m muy cercanos a la estación, la estación cuenta con un adecuado mantenimiento por la operatividad de los sensores.

La estación HCH cuenta con cerco perimétrico, cumpliendo los criterios técnicos establecidos, cuenta con una caseta para sensores, la altura del anemómetro que es de 8 m, pero se encuentra inoperativo, no se observa la presencia de árboles cercanos ni edificios, esta estación actualmente no está operativa y no cuenta con algún tipo de mantenimiento.

La estación ATE no cuenta con cerco perimétrico, tampoco cuenta con caseta para sensores, además no existe la presencia de un anemómetro, pero se observa la existencia de algunos árboles superiores a 8 m de altura cercanos a la estación, además cuenta con edificios que superan los 6 m de altura a una distancia de 10 m hacia la estación, en cuanto al mantenimiento, la estación se encuentra inoperativa por lo tanto no se está realizando mediciones.

La estación STA presenta un cerco perimétrico, cumpliendo los criterios técnicos establecidos, cuenta con una caseta adecuada, con dimensiones que cumplen con las especificaciones técnicas, el anemómetro está a una altura de 15 m, no se observa la presencia de árboles cercanos, además los edificios están alejados de la estación y su mantenimiento es adecuado.

La estación CDM presenta un cerco perimétrico que cumple con las especificaciones técnicas, en cuanto a la caseta se observa una altura considerable y adecuado mantenimiento, la altura del anemómetro es de 8 m por lo tanto no cumple con los criterios técnicos establecidos, además se observa la presencia de árboles frondosos con altura superior a los 8 m a distancia muy cercana de la estación, en cuanto al mantenimiento es el adecuado como la operatividad de los sensores, limpieza interna y externa de la estación.

La estación SBJ cuenta con cerco perimétrico que cumple con las especificaciones técnicas, una caseta con un tamaño adecuado pintado de color blanco, el anemómetro está a 7 m de altura por lo tanto no cumple con lo establecido en las especificaciones técnicas, por otro lado, se observa la presencia de árboles con alturas de 5 m alrededor de la estación, existen edificios que superan los 6 m de altura a una distancia menor 25 m, en cuanto al mantenimiento los sensores se encuentran operativos y se aprecia una limpieza interna y externa de la estación.

La estación VMT, cuenta con cerco perimétrico, además cuenta con caseta para sensores de color blanco, la altura del anemómetro es de 8 m por lo tanto no cumple con los criterios establecidos, por otro lado, se observó la presencia de árboles cercanos que superan los 3 m de altura, no existen presencia de edificios a menos de 25 m a la estación, el mantenimiento es adecuado y los sensores están operativos.

De las 10 estaciones inspeccionadas, las estaciones PPD CRB, HCH y ATE presentan un inadecuado mantenimiento y de estas, las estaciones PPD, HCH y ATE se encuentran inoperativas, por otro lado, las estaciones SMP, SJL, STA, CMP, SBJ y VMT presentan un mantenimiento adecuado, se encuentran operativas y registrando datos, De las 10 estaciones, 9 estaciones a excepción de ATE tienen caseta para sensores y cerco perimétrico, sin embargo, los anemómetros están por debajo de los 8 m por lo tanto incumple las especificaciones técnicas de la OMM que indican que la altura del anemómetro debe estar a una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo, para medir la velocidad y dirección del viento sin interrupciones, excepto la estación STA que cuenta con un anemómetro de una altura de 15 m lo cual hace que los registros obtenidos de la dirección y velocidad del viento sean representativos. La inadecuada disponibilidad de datos es uno de los principales problemas en los estudios del clima, de manera similar sucede para los parámetros como velocidad del viento cuyos datos depende del adecuado funcionamiento del anemómetro (Ureña, 2011) el anemómetro además de tener una altura que superen los 10 m sobre el nivel del suelo debe estar acondicionado a una buena exposición en sus direcciones dentro de un radio de 3km y evitar la presencia de obstáculos que se encuentren superior a los 3° sobre el horizonte (Martinez & Amoreo, 2015) Se evidencia que todas las estaciones presentan arboles cercanos que superan los 4 m de altura a distancias menores a 25 m de las instalaciones, y edificios cercanos con alturas mayores a los 3 pisos, a excepción de VMT que no tiene edificios cercanos, esto repercute en la alteración de mediciones según (Arciniégas, 2012) menciona que los obstáculos tales como árboles, edificios, balcones, afectan el flujo de aire para los parámetros de calidad de aire. Así mismo (Macias et al, 2021) mencionan que los anemómetros y veletas debe captar el viento a una altura de 10 metros sobre el suelo, además se debe evitar la existencia de chimeneas o antenas en proximidad de los equipos instalados, lo cual podría dificultar la medición de variables como velocidad del viento, dirección del viento y radiación solar.



**Figura 4:** Estaciones Meteorológicas y de Calidad de aire de Lima Metropolitana y Callo.

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación



PM <sub>10</sub>	0.85	0.76	1	1	1	0.59	0.05	0.47	1	1	1	1
PM <sub>2.5</sub>	0.24	0.37	1	1	1	0.59	0.03	0.47	1	1	1	1
NO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NO <sub>2</sub>	0.24	0.37	1	1	0.83	1	0.7	0.76	1	1	1	1
O <sub>3</sub>	0.54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CO	0.63	1	1	1	1	1	0.7	1	1	1	1	1

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación

La Tabla 5 muestra que para la estación CBR los parámetros meteorológicos dirección, velocidad de viento, temperatura y humedad presentan datos viables solo para 6 meses del año, junio, julio, agosto, setiembre, noviembre y diciembre, en cuanto a la precipitación no existe registro alguno durante el 2021. En cuanto a los parámetros de calidad del aire PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> solo el mes de julio es viable para su uso, con respecto a los parámetros restantes su uso es inviable en cualquier mes del año.

**Tabla 6.**

*Porcentaje de datos horarios no registrados (NA) mensualmente en la estación SMP durante el 2021.*

Parámetro Registrado	Periodo de Evaluación											
	2021 Ene	2021 Feb	2021 Mar	2021 Abr	2021 May	2021 Jun	2021 Jul	2021 Ago	2021 Set	2021 Oct	2021 Nov	2021 Dic
Estación SMP												
Direc. del Viento	0.01	0	0	0	0	0.02	0.04	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01
Velc. Del Viento	0.01	0	0	0	0	0.02	0.04	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01
Temperatura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Humedad	0.01	0	0	0	0	0.02	0.04	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01
Precipitación	0.01	0	0	0	0	0.02	0.04	0.01	0.07	0.01	0.01	0.01
PM <sub>10</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.18
PM <sub>2.5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.18
SO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NO <sub>2</sub>	0.49	0.05	0.51	0.08	0.4	0.10	0.64	0.14	1	1	0.08	0.5
O <sub>3</sub>	1	1	0.77	1	1	1	1	0.17	1	1	1	1
CO	0	0	0.27	0.05	0.4	0.10	0.06	0.14	1	0.06	0.8	0.08

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación.

La Tabla 6 muestra que para la estación SMP los parámetros meteorológicos presentan un uso viable para cualquier mes del año, a excepción de la temperatura que no se evidencia registro alguno durante el 2021. En cuanto a los parámetros de calidad del aire, el uso del SO<sub>2</sub> es inviable, para el PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> su uso es viable solo para el mes de diciembre, de forma similar el O<sub>3</sub> que solo es viable su uso en el mes de agosto, en cuanto al NO<sub>2</sub>, CO registran datos viables solo en algunos meses del año de forma intermitente.

**Tabla 7.**

*Porcentaje de datos horarios no registrados (NA) mensualmente en la estación SJL durante el 2021.*

Parámetro Registrado	Periodo de Evaluación											
	2021 Ene	2021 Feb	2021 Mar	2021 Abr	2021 May	2021 Jun	2021 Jul	2021 Ago	2021 Set	2021 Oct	2021 Nov	2021 Dic
Estación SJL												
Direc. del Viento	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	0.01	0.08	0.01	0.01	0.01





Precipitación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PM <sub>10</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PM <sub>2.5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
O <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación.

La Tabla 9 muestra que para la estación ATE presenta datos faltantes al 100% tanto para parámetros meteorológicos y de calidad de aire, lo cual indica que esta estación esta inoperativa durante todo el año 2021.

**Tabla 10.**

*Porcentaje de datos horarios no registrados (NA) mensualmente en la estación STA durante el 2021.*

Parámetro Registrado	Periodo de Evaluación											
	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
Estación STA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Direc. del Viento	1	1	1	1	1	1	1	0.06	0.20	0.63	0.13	0.01
Velc. Del Viento	1	1	1	1	1	1	1	0.06	0.20	0.63	0.13	0.01
Temperatura	1	1	1	0.98	0	0.02	0.11	0.01	0.20	0.63	0.13	0.01
Humedad	1	1	1	0.98	0	0.02	0.11	0.01	0.20	0.63	0.13	0.01
Precipitación	1	1	1	0.98	0	0.02	0.11	0.01	0.20	0.63	0.13	0.01
PM <sub>10</sub>	0.09	0.15	0.02	0.04	0.07	0.03	0.01	0.29	0.20	0.69	0.13	0.64
PM <sub>2.5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.69
SO <sub>2</sub>	0	0.39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0.34	1	1	1	0.73
O <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	0.26	0.69	1	0.42
CO	1	0.51	0.35	0.25	0	0.03	0.89	1	1	0.69	1	1

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación.

La Tabla 10 muestra que para la estación STA los parámetros meteorológicos dirección y velocidad de viento presentan un uso viable solo para 3 meses del año, agosto, noviembre y diciembre, para los parámetros temperatura, humedad y precipitación presentan un uso viable en 6 del año, mayo, junio, julio, agosto, noviembre y diciembre. En cuanto a los parámetros de calidad del aire PM<sub>10</sub> su uso es viable durante los primeros 7 meses del año y noviembre, en cuanto al CO solo su uso es viable en mayo y junio, con respecto a los demás parámetros su uso es inviable.

**Tabla 11.**

*Porcentaje de datos horarios no registrados (NA) mensualmente en la estación CDM durante el 2021.*

Parámetro Registrado	Periodo de Evaluación											
	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
Estación CDM	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Direc. del Viento	0	0	0	0	0	0	0.08	0.01	0	0	0.01	0
Velc. Del Viento	0	0	0	0	0	0	0.08	0.01	0	0	0.01	0
Temperatura	0	0	0	0	0	0	0.08	0.01	0	0	0.01	0



Direc. del Viento	1	1	1	1	1	1	1	0.39	0.06	0.01	0.5	0.09
Velc. Del Viento	1	1	1	1	1	1	1	0.39	0.06	0.01	0.5	0.09
Temperatura	1	1	1	1	1	1	1	0.39	0.06	0.01	0.5	0.09
Humedad	1	1	1	1	1	1	1	0.41	0.06	0.01	0.5	0.09
Precipitación	1	1	1	1	1	1	1	0.40	0.06	0.01	0.6	0.1
PM <sub>10</sub>	0.71	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.74
PM <sub>2.5</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.74
SO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NO <sub>2</sub>	0.56	0.13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.73
O <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CO	0.56	0.09	1	0.51	0.91	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaborado por el autor de la investigación.

La Tabla 13 muestra que para la estación VMT los parámetros meteorológicos presentan datos faltantes al 100% para los 7 primeros meses del año, y datos faltantes en los meses de agosto y noviembre que superan el 0.2 conforme a lo establecido, haciendo que solo sea viable el uso de los parámetros meteorológicos solo para 3 meses del año. En cuanto a los parámetros de calidad del aire PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> su uso es inviable ya que no existen registros durante casi los 12 meses del año, similar situación para el NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> que solo es viable su uso durante un mes del año.

De las 10 estaciones analizadas, las estaciones de HCH y ATE no presentan registros durante el 2021, la estación PPD solo registro datos en el mes de febrero para 3 parámetros, equivaliendo a menos del 20% para ese mes, muy por debajo de lo viable para su uso. Los registros diario, mensual y anual, de esta información es de vital importancia para la evaluación los parámetros meteorológicos y del recurso solar ya que a través de ello se podría pronosticar su comportamiento y apreciar las posibilidades de aprovechamiento en aplicaciones vinculadas con la producción de energía eólica, solar térmica, fotovoltaica (Villalta, 2013).

Por otro lado, las estaciones de CRB, STA, SBJ y VMT presentan datos faltantes en al menos 6 mes del año de forma continua o intermitente, tanto en los registros de parámetros meteorológicos y de calidad del aire, para algunos parámetros en estas estaciones incluso se observa la falta de registros al 100% durante los 12 meses del año, lo cual indica que el uso de los datos registrados en estas estaciones se podría utilizar de manera aislada para algunos meses del año. Según (Herrera C. , 2017) menciona cuando se quiere analizar parámetros meteorológicos y de calidad del aire es necesario contar con una base de datos continuos, homogéneos y que abarque el máximo intervalo temporal posible, si en una base de datos se encuentra con medianas cantidades de vacíos, se tendrá como consecuencia la limitación de análisis y las conclusiones erróneas.

Las estaciones que presentan un registro de datos aceptable mayor al 80% mensual y de forma continua para los 12 meses del año son SMP, SJL y CDM sin embargo esto solo se cumple para la mayoría de los parámetros meteorológicos, evidenciándose un registro de datos faltantes de forma intermitente o continuo en los parámetros de calidad del aire. En estas estaciones el uso de los datos registrados es viable para un análisis anual para aquellos parámetros meteorológicos que cuenten con un registro completo, estos resultados hacen viable su uso como lo menciona (Jarrin , 2016) en su investigación de análisis de datos meteorológicos para la determinar el comportamiento del clima a lo largo del tiempo, donde analizo los registros de 26 estaciones y se aceptaron aquellas que proveían un máximo de 25% de datos faltantes. Así mismo (Márdero et al., 2012) en una investigación donde analizaron los registros de precipitaciones mensuales de una red conformada por 27 estaciones climatológicas, muchas de ellas presentaban meses sin registros, para esta investigación los datos aceptables eran un 30% de datos faltantes, tras esta revisión se consideraron 9 estaciones que contaban con la cantidad de registros viables.

## **5 Conclusiones**

Luego de realizar la inspección en campo de las 10 estaciones meteorológicas se concluye que las estaciones PPD, CRB, HCH y ATE presentan un mantenimiento inadecuado en la parte interna y externa, de igual manera las estaciones PPD, HCH y ATE se encuentran inoperativas, por otro lado, las estaciones SJL, SMP, STA, CMP, SBJ y VMT presentan un mantenimiento adecuado encontrándose operativas y registrando datos. Además se evidencio que 9 estaciones cuentan con caceta para sensores y cerco perimétrico de acuerdo a las recomendaciones de la guía del sistema mundial de observación de la OMM, pero no cumplen con la altura adecuada del anemómetro, a excepción de la estación STA. Todas las estaciones presentan árboles cercanos que superan los 7 metros de altura, y edificios cercanos con altura mayor de 3 pisos estos obstáculos se encuentran a menos de 25 metros de las estaciones incumpliendo lo establecido en el Manual Técnico: Operación e Instalación de Estaciones del SENAMHI

El registro de datos de las 10 estaciones, indica que las estaciones CRB, STA, SBJ y VMT presentan datos faltantes en al menos 6 meses del año de forma continua, tanto en los registros de parámetros meteorológicos y de calidad del aire, para algunos parámetros en estas estaciones se observa la falta de registros al 100% durante los 12 meses del año 2021. Por otro lado, las estaciones de HCH y ATE no presentan registros durante el 2021, la estación PPD solo registro datos en el mes de febrero para 3 parámetros, con registros menores al 20 % para ese mes, muy por debajo de lo viable para su uso según el Manual de Meta Data del SENAMHI, las estaciones SMP, SJL y CDM son las únicas estaciones viables para el uso de sus registros cumpliendo con la norma indicada en el Manual de Meta Data del SENAMHI presentando un 80% mensual de estos y de forma continua para los 12 meses del año, para la mayoría de los parámetros meteorológicos y algunos parámetros de calidad del aire.

## **6 Recomendaciones**

Se recomienda al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), institución administrativa de la red de estaciones meteorológicas y de calidad de aire, brindar un adecuado mantenimiento a las estaciones: PPD, CRB, SJL, HCH y ATE.

Se recomienda la reubicación de las estaciones meteorológicas PPD, CRB, SMP, SJL, HCH, ATE, STA, CDM, SBJ, debido a la presencia de edificios y arboles cercanos, lo cual incumple el Manual de Ubicación de Estaciones del SENAMHI, así mismo incumple la normativa establecida en Guía de Redes de Observación de la OMM.

Se recomienda al SENAMHI garantizar un adecuado registro de datos, tanto para parámetros meteorológicos y de calidad del aire, debido a la evidencia de muchos meses de registros incompletos haciendo inviable su uso, y no generando alguna representatividad de área según la Guía del Sistema Mundial de proceso de datos de la OMM.

Se recomienda desarrollar estudios de una nueva distribución de la red de estaciones meteorológicas y de calidad del aire de Lima y Callao, ya que presenta una antigüedad de 15 años con el fin de obtener datos representativos al servicio de la población de Lima y Callao.

## **7 Agradecimientos**

El autor agradece al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por brindar la información para el desarrollo de esta investigación, y al Ingeniero Ambiental Dario Ccaccya Ccaccya Especialista en Meteorología y Lenguajes de Programación, por su asesoramiento continuo durante el desarrollo de esta investigación y en el análisis de datos de la

calidad del aire con R, así como a los profesores de la casa de estudios Universidad Peruana Unión.

## 8 Referencias

- Ahmed, T. (2018). Evaluating meteorological data from weather stations, and from satellites and global models for a multi-site epidemiological study. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935118300926>
- Aldana, A. (2015). Informe de Meteorología - Estación Meteorológica de Campo de Marte. Lima, Lima. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/267504364/Informe-de-Meteorologia-Estacion-Meteorologica-de-Campo-de-Marte>
- Arciniégas, A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. 34, 19.
- Campos, J. (2012). Gestión de datos meteorológicos.
- Cuadros, H. (2017). Factores meteorológicos y su relación con la calidad del aire producido por PM 10 generado en la fabricación de ladrillo artesanal en Cullpa Baja.
- EPA. (2018). Calidad del Aire Interior (IAQ). Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/aire>
- Estévez, J., & Gavilán, P. (2015). Procedimientos de validación de datos de estaciones meteorológicas automáticas. Aplicación a la red de información agroclimática de Andalucía. 6(8).
- Fuller, R., Landrigan, P. J., & Balakrishnan, K. (17 de Mayo de 2022). Pollution and health: a progress update.
- García, F., & Jiménez, K. (2006). Metodología para la localización de estaciones de monitoreo de material particulado a escala local (0.5 a 4.0 Km) en la ciudad de Santa Marta.
- Giraldo, C., & Bravo, P. (2020). INFORME TÉCNICO N°064-2020-MML/GSCGA-SEACC-EGE. Municipalidad de Lima, Lima.
- Herrera, C. (2017). Estimación de datos faltantes de precipitación por el método de regresión lineal: Caso de estudio Cuenca Guadalupe, Baja California, México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/674/67452917005/html/>
- Herrera, J. (2020). Análisis de la calidad del aire en diferentes ciudades de América Latina y el Caribe a partir de mediciones en superficie y datos del servicio de monitoreo atmosférico de Copernicus (CAM5).
- Huneus, N., Denier, H., Castesana, P., & Menares, C. (2020). Evaluation of anthropogenic air pollutant emission inventories for South America at 2 national and city scale.
- IHME. (17 de Agosto de 2022). Air quality and health in cities. Obtenido de <https://www.healthdata.org/air-pollution/publications>
- IMP. (2012). Aspectos Generales de la Ciudad de Lima. Municipalidad de Lima, Lima.
- INEI. (octubre de 2017). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: <http://censo2017.inei.gob.pe/>
- INEI. (17 de Enero de 2022). Lima supera los 10 millones de habitantes al año 2022. Infoaireperu. (2021). [infoaireperu.minam. Obtenido de https://infoaireperu.minam.gob.pe/infoaire/](https://infoaireperu.minam.gob.pe/infoaire/)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). Perú: Principales Indicadores Departamentales 2009-2015.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Censos Nacionales: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Provincia y Distrito, 2018-2020.

- Jarrin , F. (2016). Analisis de Indices Climaticos a partir de datos instrumentales meteorologicos para determinacion de cambio climatico en las demarcaciones hidrograficas Guayas y Manabi. Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil.
- Jo, B. (2020). Desarrollo de una plataforma de monitoreo de la calidad del aire interior basada en IoT.
- Macias , A., Andrada, F., & Espil, F. (2021). Avances en el programa de monitoreo hidrometeorologico: Analisis de estaciones de la Plata en forma no presencial. 6, 6.
- Márdero, S., & Rogan, J. (2012). Sequias en el sur de la peninsula de Yucatan: Analisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitacion. (78), 15.
- Martinez, A., & Amoreo, E. (2015). Análisis de los datos aportados por la estación meteorológica automática del Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, UNLP. Obtenido de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/47366>
- MINAM. (2021). Sistema de Información Ambiental Regional de Lima. Obtenido de <http://siar.regionlima.gob.pe/novedades/minam-aprobo-planos-accion-mejorar-calidad-aire-14-provincias-peru>
- MINEM. (2006). Mision, vision, ejes estrategicos, valores, objetivos estrategicos y politicas institucionales . Lima.
- Mundial, B. (2021). The Global Health Cost of PM 2.5 Air Pollution. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36501>
- OMM. (1996). Guia de instrumentos y metodos de observacion de estaciones meteorologicas. 40.
- OMM. (2010). Guía de Redes Estaciones de Observación.
- OMM. (2010). Guia del sistema Mundial de Observacion. Lima.
- OMS. (2016). Guías actualizadas de la OMS sobre la calidad del aire y sus implicancias para los países latinoamericanos.
- OMS. (2018). Contaminacion Atmosferica. Obtenido de [https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1)
- ONU. (15 de Marzo de 2019). Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/china-sera-anfitrión-global-del-día-mundial-del-medio-medio>
- Renom, M. (2011). Principios básicos de las mediciones atmosféricas.
- Romieu, I., Weitzenfeld, H., & Finkelman, J. (2014). Urban Air Pollution in Latin America and the Caribbean.
- Sampieri, R., & Mendoza, P. (2018). Metodología de la Investigacion las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Universidad Tecnológica Laja Bajío, Mexico.
- SENAMHI. (2020). Investigación en salud ambiental la contribución peruana al Regional GeoHealth Hub Centered in Peru. Obtenido de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/2026?show=full>
- SENAMHI. (2021). Informe Tecnico. Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia, Lima.
- SENAMHI. (2021). Informe Tecnico. Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia, Lima.
- SENAMHI. (2021). Pronóstico y temperatura actual para Lima Metropolitana. Informe Técnico, LIMA. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-lima>
- UNESCO. (07 de Setiembre de 2021). Día Internacional del Aire Limpio por un cielo azul. Obtenido de <https://www.un.org/es/observances/clean-air-day>
- Ureña, F. (2011). Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos. 11(1).
- Villalta, I. (12 de Febrero de 2013). Implementación de una estación meteorológicas



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0032-2023/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 28 de febrero de 2023

**VISTO:**

El expediente de **Eber Vasquez Hoyos**, identificado(a) con Código Universitario N° 201520173, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

**CONSIDERANDO:**

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Eber Vasquez Hoyos**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Evaluación de la situación actual de la ubicación de las estaciones y registros ambientales de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Lima y Callao, durante el 2021" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 28 de febrero de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

**SE RESUELVE:**

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Evaluación de la situación actual de la ubicación de las estaciones y registros ambientales de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Lima y Callao, durante el 2021**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Ing. Dario Ccaccya Ccaccya** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio** y **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



  
Dr. Santiago Ramírez López  
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:  
-Interesado  
Asesor  
Dirección General de Investigación  
Archivo