

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ Y PLOMO EN EL AIRE AMBIENTAL, EN LOS PUEBLOS JÓVENES CERCANOS A LOS DEPÓSITOS DE MINERALES EN EL CALLAO”

Presentada por:

EDWIN JULIÁN VIVANCO ESPINOZA

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Lima – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ Y PLOMO EN
EL AIRE AMBIENTAL, EN LOS PUEBLOS JÓVENES CERCANOS A
LOS DEPÓSITOS DE MINERALES EN EL CALLAO”**

Presentada por:

EDWIN JULIÁN VIVANCO ESPINOZA

Trabajo Académico para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Mg. Sc. Eusebio Cisneros Tarmeño
PRESIDENTE

Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral
MIEMBRO

Lic. Fis. Juan Pesantes Rojas
MIEMBRO

Ph. D. Sergio Pacsi Valdivia
ASESOR

DEDICATORIA

A mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Al Ph. D. Sergio Pacsi Valdivia y los señores del jurado por sus enseñanzas,
consejos y ánimos en el desarrollo de este trabajo.

A todas las personas e instituciones por brindarme su apoyo.

Mis infinitas Gracias

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
2.1	ZONA DE ESTUDIO	3
2.1.1	Ubicación.....	3
2.2	CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA DE ESTUDIO	4
2.2.1	Factores Físicos	5
2.2.2	Factores Urbanos	5
2.2.3	Industria	6
2.3	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	7
2.3.1	Tipos de contaminantes	7
2.5	MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO	9
2.5.1	Material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀).....	9
2.5.2	Efectos sobre la salud del material particulado	9
2.6	PLOMO	10
2.6.1	Efectos en la salud del plomo	11
2.7	MONITOREO DE PM ₁₀ EN ALTO VOLUMEN.....	12
2.7.1	Acondicionamiento de filtros	12
2.7.2	Muestreo	12
2.7.3	Análisis	13
2.7.4	Cálculos	13
2.8	MONITOREO DE PLOMO	15
2.8.1	Muestreo	16
2.8.2	Preparación de la muestra (Extracción en caliente).....	16
2.8.3	Análisis	17
2.8.4	Cálculos	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	19

3.1	MATERIALES	19
3.2	METODOLOGÍA	20
3.2.1	Búsqueda de información	20
3.2.2	Procesamiento de datos de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en el aire y de las variables meteorológicas	27
3.2.3	Evaluación temporal de las variables meteorológicas	27
3.2.4	Evaluación temporal de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo.....	27
3.2.5	Evaluación espacial de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo	28
3.2.6	Determinación de la relación entre las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en el aire	28
3.2.7	Determinación de la relación de las variables meteorológicas y las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en el aire.....	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	31
4.1	INFORMACIÓN GENERAL DE LOS DATOS	31
4.1.1	Resultados del muestreo de PM ₁₀ en el año 2016	31
4.1.2	Resultados del muestreo de plomo en el aire medidos en el año 2016	35
4.1.3	Resultados de los datos meteorológicos medidos en el año 2016	38
4.2	COMPORTAMIENTO ESPACIAL DEL MATERIAL PARTICULADO PM ₁₀ Y EL PLOMO	40
4.2.1	Comportamiento espacial de la concentración PM ₁₀ en el año 2016	40
4.2.2	Comportamiento espacial de la concentración de plomo en el año 2016.....	41
4.3	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL MATERIAL PARTICULADO (PM ₁₀) Y EL PLOMO.....	43
4.3.1	Comportamiento diario de las Concentraciones de PM ₁₀	43
4.3.2	Comportamiento mensual de las concentraciones de PM ₁₀ en el aire.....	51
4.3.3	Comportamiento anual de las concentraciones de PM ₁₀ en el aire.....	52
4.3.4	Comportamiento diario de la concentración de plomo en el aire	53
4.3.5	Comportamiento mensual de la concentración de plomo en el aire	57

4.3.6	Comportamiento anual de las Concentraciones de plomo en PM ₁₀	58
4.4	COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS	59
4.4.1	Velocidad del viento	59
4.4.2	Dirección del viento.....	61
4.4.3	Temperatura del aire	61
4.4.4	Humedad relativa.....	62
4.5	RELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀ Y PLOMO	62
4.5.1	Enero-febrero-marzo	66
4.5.2	Junio-julio-agosto	67
4.6	RELACIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS Y LAS CONCENTRACIONES DE PM ₁₀	68
V.	CONCLUSIONES	78
VI.	RECOMENDACIONES	80
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
VIII.	ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estaciones de monitoreo.....	4
Tabla 2: Número de habitantes en las poblaciones.....	5
Tabla 3: Estándares Nacionales e Internacionales de Calidad Ambiental del Aire.....	8
Tabla 4: Cronograma de monitoreo ambiental 2016.....	26
Tabla 5: Descriptores estadísticos básicos diarios para los datos de concentración de PM ₁₀	31
Tabla 6: Descriptores estadísticos básicos mensuales para los datos de concentración de PM ₁₀	32
Tabla 7: Descriptores estadísticos básicos diarios para los datos de concentración de plomo.....	35
Tabla 8: Descriptores estadísticos básicos mensuales para los datos de concentración de plomo.....	36
Tabla 9: Descriptores estadísticos básicos para los datos de las variables meteorológicas.....	39
Tabla 10: Concentración media anual de PM ₁₀	40
Tabla 11: Concentración media anual de plomo.....	42
Tabla 12: Distribución de frecuencia de las velocidades del viento.....	59
Tabla 13: Velocidad y Dirección del viento en el año 2016.....	60
Tabla 14: Relación mensual entre las concentraciones de PM ₁₀ y plomo.....	63
Tabla 15: Relaciones entre las variables de concentraciones diarias de PM ₁₀ y plomo (enero-febrero-marzo).....	67
Tabla 16: Relaciones entre las variables de concentraciones diarias de PM ₁₀ y plomo (junio-julio-agosto).....	68
Tabla 17: Relación mensual entre las variables meteorológicas y la concentración PM ₁₀	69
Tabla 18: Relación mensual entre las variables meteorológicas y la concentración de Plomo.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Distribución de los puntos de monitoreo	3
Figura 2 : Intensidad de tránsito vehicular por las avenidas Gambetta, Atalaya y Contralmirante Mora.....	6
Figura 3 : Comparaciones de tamaños para partículas	10
Figura 4 : Efectos de los contaminantes del aire en la salud	11
Figura 5 : Equipo muestreador de partículas de alto volumen (Hi-vol).....	13
Figura 6 : Herramienta cortadora de filtro.....	16
Figura 7 : Ubicación espacial del punto de monitoreo E-02	21
Figura 8 : Ubicación espacial del punto de monitoreo E-03	22
Figura 9 : Ubicación espacial del punto de monitoreo UL-4	22
Figura 10: Ubicación espacial del punto de monitoreo E-04A	23
Figura 11: Ubicación espacial del punto de monitoreo UL-7	24
Figura 12: Ubicación espacial del punto de monitoreo E-07	25
Figura 13: Estación meteorológica.....	25
Figura 14: Diagrama de cajas de los datos diarios de concentraciones de PM ₁₀	34
Figura 15: Diagrama de cajas de los datos diarios de concentraciones de plomo.....	38
Figura 16: Comportamiento espacial de la concentración de PM ₁₀ en el año 2016.....	41
Figura 17: Comportamiento espacial de la concentración de plomo en el año 2016	43
Figura 18: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en el PP.JJ. Puerto Nuevo (E-02) en el año 2016.....	44
Figura 19: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en la I.E. María Reiche (E-03) en el año 2016.....	45
Figura 20: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en Urb. San Juan Bosco (UL-4) en el año 2016.....	46
Figura 21: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en el PP.JJ. Ramón Castilla (E-04A) en el año 2016.....	47
Figura 22: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en el PP.JJ. Ramón Castilla (UL-7) en el año 2016.....	48
Figura 23: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en la Urb. Centenario (E-07) en el año 2016.....	49
Figura 24: Comportamiento mensual de las concentraciones diarias de PM ₁₀ en todas las estaciones en el año 2016	50

Figura 25: Concentración mensual de PM ₁₀ de enero a diciembre del año 2016.....	51
Figura 26: Concentración anual promedio de PM ₁₀ en el año 2016.....	52
Figura 27: Concentraciones diarias de plomo en las estaciones E-02 y E-03 en el año 2016.....	53
Figura 28: Concentraciones diarias de plomo en PM ₁₀ en las estaciones E-04A y UL-7en el año 2016	54
Figura 29: Concentraciones diarias de plomo en las estaciones UL-4 y E-07 en el año 2016.....	55
Figura 30: Comportamiento mensual de las concentraciones diarias de plomo en todas las estaciones en el año 2016.....	56
Figura 31: Concentración de Plomo mensual de enero a diciembre 2016	57
Figura 32: Concentración anual de Plomo del año 2016.....	58
Figura 33: Variación mensual de la temperatura del aire en el año 2016	61
Figura 34: Variación mensual de la humedad relativa del aire en el año 2016.....	62
Figura 35: Relación mensual de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en la estación E-02.....	63
Figura 36: Relación mensual de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en la estación E-03.....	64
Figura 37: Relación mensual de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en la estación E-04A.....	64
Figura 38: Relación mensual de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en la estación UL-4.....	65
Figura 39: Relación mensual de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en la estación UL-7.....	65
Figura 40: Relación mensual de las concentraciones de PM ₁₀ y plomo en la estación E-07.....	66
Figura 41: Relación mensual entre la temperatura del aire y la concentración de PM ₁₀	70
Figura 42: Relación mensual entre la humedad relativa y la concentración de PM ₁₀	71
Figura 43: Relación mensual entre la velocidad del viento y la concentración de PM ₁₀	72
Figura 44: Relación mensual entre la temperatura del aire y la concentración de plomo...	75
Figura 45: Relación mensual entre la humedad relativa y la concentración de plomo	76
Figura 46: Relación mensual entre la velocidad del viento y la concentración de plomo	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registro fotográfico	84
Anexo 2: Concentraciones diarias de PM ₁₀ en Calidad de Aire.....	90
Anexo 3: Concentraciones diarias de Plomo en Calidad de Aire.....	94
Anexo 4: Plano de ubicación de los puntos de monitoreos	98

RESUMEN

El distrito del Callao está constituido por zonas de alta actividad industrial y urbana, por lo tanto, es necesario evaluar la calidad del aire que respiran las personas de los pueblos jóvenes que están más cercanas a los depósitos de minerales. Hay probabilidad de que el material particulado emitido en la zona contenga trazas de metales pesados como el plomo y sea causante de efectos en la salud como enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

El propósito del siguiente trabajo académico fue evaluar la concentración de material particulado y plomo en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales que se encuentran en el distrito del Callao y su interrelación con las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. Para lo cual se recopilaron datos de mediciones de monitoreo de calidad de aire de las estaciones ubicadas en las viviendas cercanas a los depósitos de minerales, en donde se realizó un muestreo cada tres días durante todo el año 2016.

En ninguna de las estaciones de monitoreo se sobrepasó los estándares de calidad del aire para los contaminantes PM_{10} y plomo, a excepción del punto de muestreo E-04A ubicado en el PP.JJ. Ramón Castilla, donde se presentaron los mayores valores de concentración. Además, se evidencia que existe una correlación significativa entre las concentraciones mensuales de PM_{10} y Plomo en las estaciones E-02, E-03, UL-7 y E-07.

Con respecto a las variables meteorológicas; se puede afirmar que a excepción de la estación E-03, existe una correlación significativa con las concentraciones mensuales de PM_{10} ; y de manera general existe valores bajos de correlación para las concentraciones mensuales de Plomo y las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

Palabras Claves: PM_{10} , plomo, monitoreo, estándares de calidad de aire, depósitos de minerales.

SUMMARY

The district of Callao is constituted by zones of high industrial and urban activity, herefore, it is necessary to evaluate the quality of the air breathed by the people of the young towns that are closest to the mineral deposits. There is a likelihood that the particulate matter emitted in the area contains traces of heavy metals such as lead and is responsible for health effects such as respiratory and cardiovascular diseases.

The purpose of the following academic work was to evaluate the concentration of particulate matter and lead in the young towns near the mineral deposits found in the district of Callao and their interrelation with the meteorological variables of temperature, relative humidity, speed and direction of the wind. For which data of air quality monitoring measurements of the stations located in the houses near the mineral deposits were collected, where a sampling was carried out every three days throughout the year 2016.

The air quality standards for PM₁₀ and lead contaminants were not exceeded in any of the monitoring stations, with the exception of sampling point E-04A located in PP.JJ. Ramón Castilla, where the highest concentration values were presented. In addition, it is evident that there is a significant correlation between the monthly concentrations of PM₁₀ and Lead in stations E-02, E-03, UL-7 and E-07.

With respect to meteorological variables; it can be affirmed that with the exception of station E-03, there is a significant correlation with monthly concentrations of PM₁₀; and in general there are low correlation values for the monthly concentrations of Lead and the meteorological variables of temperature, relative humidity and wind speed.

Keywords: PM₁₀, lead, monitoring, air quality standards, mineral deposits.

I. INTRODUCCIÓN

El aire que respiramos es una mezcla de gases, cuyo componente principal es el nitrógeno que tiene el 78 por ciento en volumen del aire, el oxígeno es el siguiente gas más abundante al 20,9 por ciento. Estos dos gases representan aproximadamente el 99 por ciento de los gases en la atmósfera, y los gases restantes se encuentran en proporciones mucho más pequeñas tales como el Argón al 0,93 por ciento en volumen del aire (Fernández, 2001).

Las principales causas de contaminación del aire en Lima metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao están relacionadas con las emisiones del parque automotor y las actividades industriales, los cuales emiten distintos contaminantes como el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), compuestos orgánicos volátiles (COV), material particulado y plomo entre otros (MINAM, 2014), los cuales también reaccionan uno con el otro y compuestos atmosféricos normales generando así otros contaminantes en la atmósfera. La exposición a estos contaminantes puede causar graves perjuicios al medio ambiente y a la salud, como efectos agudos y crónicos, enfermedades respiratorias y cardiovasculares condicionados por factores topográficos y meteorológicos.

Muchos estudios demuestran que los contaminantes como el material particulado y el plomo en el aire, están causando serios problemas en la población del distrito del Callao, por la actividad industrial que ahí se realiza. Por tal motivo en el presente proyecto se analizará los registros de calidad de aire (PM₁₀ y plomo en el aire) y meteorología almacenados por el programa anual de monitoreo ambiental de las empresas de almacenamiento de minerales en la zona industrial del Callao, ubicadas entre las avenidas Néstor Gambetta, Atalaya y Contralmirante Mora. Con el propósito de compararlas con los Estándares Nacionales de Calidad del Aire y encontrar relaciones entre las concentraciones de material particulado menores a diez micras, plomo en aire y las variables meteorológicas.

Es por ello que el estudio realizado de la evaluación de la contaminación por PM₁₀ y plomo podrán aportar conocimientos a la investigación y servir para la toma de decisiones a instituciones como el Gobierno regional del Callao, la Dirección Regional de Salud del Callao (DIRESA), Ministerio de Educación (MINEDU), Ministerio de Energía y Minas (MIMEN), Institución Educativa 5045 María Reiche y a las empresas de depósitos de minerales; para así contribuir a futuros planes o programas de planificación y gestión ambiental.

Por lo expuesto, se planteó como objetivo general “Evaluar la calidad del aire ambiental por PM₁₀ y plomo en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales del distrito del Callao y su relación con las variables meteorológicas en el año 2016”; y como objetivos específicos los siguientes:

- Elaborar y analizar la variación temporal y espacial de las concentraciones de PM₁₀ y Pb en el aire en los pueblos jóvenes de San Juan Bosco, Ramón Castilla, Puerto Nuevo y la I.E. 5045 María Reiche en el año 2016 y compararlos con los Estándares Nacionales de Calidad de Aire.
- Evaluar la humedad relativa, temperatura del aire, dirección y velocidad del viento cerca de los depósitos de minerales en el año 2016.
- Evaluar la concentración de PM₁₀ y Pb del aire y su relación con las variables meteorológicas de dirección y velocidad del viento, temperatura del aire y humedad relativa.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 ZONA DE ESTUDIO

2.1.1 Ubicación

La zona de estudio se encuentra en la zona industrial del distrito del Callao, específicamente son los centros poblados que se encuentran alrededor de las empresas de depósitos de minerales ubicadas entre las avenidas Néstor Gambeta, Atalaya y Contralmirante Mora. Los centros poblados donde se realizó los monitoreos son los PP.JJ. Puerto Nuevo, Ramón Castilla, San Juan Bosco y la Institución Educativa 5045 María Reiche; además se tomó un punto de control a barlovento y alejado de los depósitos de minerales ubicado en la Urbanización Centenario.



Figura 1: Distribución de los puntos de monitoreo

FUENTE: Google Earth, 2016.

Tabla 1: Estaciones de monitoreo

Código	Ubicación	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Parámetros medidos
		WGS 84			
		Norte	Este		
E-02	Pasaje Almirante Miguel Grau Mz. E-5 Lote 1 en el PP.JJ. Puerto Nuevo.	8667437	267378	7	PM ₁₀ y Pb en PM ₁₀
E-03	Colegio “María Reiche” Av. Contralmirante Mora N° 420 en el PP.JJ. Puerto Nuevo.	8667408	267588	9	PM ₁₀ y Pb en PM ₁₀
E-07	Av. Alfredo Palacios N° 698 Urb. Centenario	8666739	268681	17	PM ₁₀ y Pb en PM ₁₀
E-04A	Ubicada al este del Almacén 1, muy cerca del PP.JJ. Ramón Castilla y el cruce de las Avenidas Gambeta y Atalaya	8667711	268555	17	PM ₁₀ , Pb en PM ₁₀ y Meteorología
UL-4	Ubicada en el cruce de las calles Rímac y calle C. San Juan Bosco	8667257	268060	13	PM ₁₀ y Pb en PM ₁₀
UL-7	Ubicada al en el cruce de las calles San Martín y Cuzco en el PP.JJ. Ramón Castilla.	8668107	268748	20	PM ₁₀ y Pb en PM ₁₀

FUENTE: SGS del Perú S.A.C, 2016.

2.2 CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA DE ESTUDIO

Las fuentes potenciales de contaminación del aire están relacionadas principalmente con las actividades industriales y urbanas propias del distrito del Callao, almacenamiento de minerales metálicos y no metálicos y actividades de transporte.

El distrito del Callao es una de las zonas con mayor riesgo de contaminación ambiental e intoxicación con plomo para la población, debido a que los almacenes de este mineral se ubican precisamente en esta zona, afectando directamente a los barrios de Puerto Nuevo, San Juan Bosco, Ciudadela Chalaca, Barrio Fiscal 1, Barrio Fiscal 2, Barrio Frigorífico, Ramón Castilla y otras áreas aledañas. De esta forma, el plomo penetra en las casas de estos sectores, afectando a más de 85000 pobladores (Gobierno Regional del Callao, 2013).

2.2.1 Factores Físicos

- Ubicación Geográfica

El distrito del Callao se encuentra en la costa central peruana a 14 kilómetros de la ciudad de Lima. Limita al norte con el distrito de Ventanilla, al sur con el distrito de Bellavista, distrito de La Perla y el Océano Pacífico, al oeste también con el Océano Pacífico y distrito de La Punta y al este con los distritos limeños Distrito de San Miguel, distrito de Lima y el Distrito de San Martín de Porres, además con distrito de Carmen de La Legua-Reynoso.

- Relieve

Al igual que la geografía de las demás regiones costeñas, el relieve plano de la Provincia Constitucional del Callao presenta una ligera inclinación en dirección este-oeste; es decir, disminuye en altitud a medida que se acerca al mar. Solamente algunos cerros de escasa altitud (500 m.s.n.m) en el distrito de Ventanilla rompen con el paisaje llano de la provincia. Con respecto a la topografía el territorio del distrito del Callao, se encuentra a una altitud comprendida entre cero y 40 m.s.n.m. (Gobierno Regional del Callao, 2018).

2.2.2 Factores Urbanos

- Demografía

De acuerdo al Censo Nacional del año 2007 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INE) y de la Estadística de Calidad Educativa (ESCALE) se tiene el siguiente cuadro.

Tabla 2: Número de habitantes en las poblaciones

Ubicación	Población
PP.JJ. Puerto Nuevo.	4752
PP.JJ. San Juan Bosco	7703
PP.JJ. Ramón Castilla	10889

... <<continuación>>

Ubicación	Población
Colegio “María Reiche”	85
Urbanización Centenario	9351

FUENTE: ESCALE, 2016; INEI, 2007.

- Parque Automotor

Las avenidas principales en la zona de estudio son Néstor Gambetta, Atalaya y Contralmirante Mora; en estas avenidas se encuentra con mayor facilidad una variedad de vehículos de transporte público como las combis, autos y micros; así como también vehículos de carga pesada y el paso del ferrocarril por la avenida Atalaya.

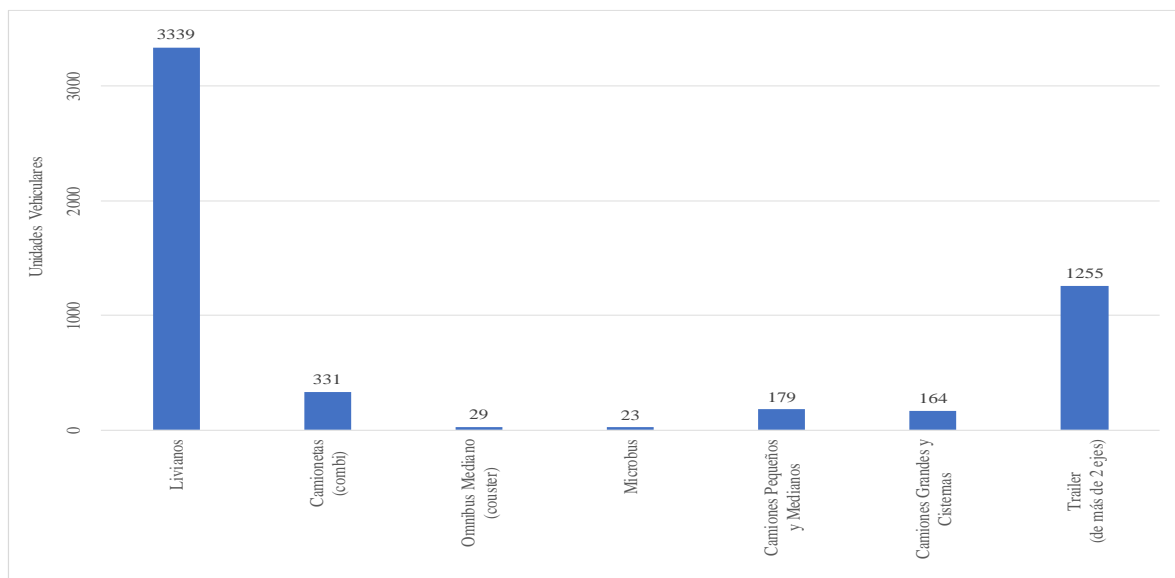


Figura 2: Intensidad de tránsito vehicular por las avenidas Gambetta, Atalaya y Contralmirante Mora

FUENTE: PERUBAR, 2013.

2.2.3 Industria

En la zona de estudio se ubican las instalaciones industriales de los depósitos de concentrados de minerales de Impala Terminals, Louis Dreyfus y PERUBAR; así como también en el terminal de almacenamiento de hidrocarburos de Vopak, la planta de lubricantes Mobil y la empresa Sílice, dedicada al proceso y comercialización de minerales no metálicos, asimismo, en esta zona se encuentra el patio de maniobras de Ferrovías.

2.3 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Un contaminante atmosférico es toda forma de materia o energía presentes en el aire que alteran la calidad del mismo, o bien, por arriba de su concentración natural en un medio no contaminado (MINAM, 2017). Los contaminantes que causan deterioro a la atmosfera consisten en una gran variedad de gases inorgánicos, vapores y partículas que pueden ser emitidas directamente a la atmosfera o bien formarse a través de procesos químicos atmosféricos.

2.3.1 Tipos de contaminantes

En función de su origen los contaminantes del aire pueden clasificarse en contaminantes primarios que son aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera por las distintas fuentes de emisión, por ejemplo, CO, NO_x, HC, SO₂ y partículas; y contaminantes secundarios que se forman en la atmósfera cuando los contaminantes primarios reaccionan uno con el otro y con los compuestos atmosféricos normales; por ejemplo, el ozono (DIGESA, 2005).

2.4 ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE

Es la medida que considera los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire, que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana (Ley N°28611).

- Estándares primarios:

Aquellos que se establecen para proteger la salud pública. Se basan principalmente en las concentraciones máximas de los contaminantes que no significan riesgo para la población ni a los grupos sensibles, tales como asmáticos, niños y ancianos.

- **Estándares secundarios:**

Estándares que protegen el bienestar público, que comprende principalmente la protección de la flora, de la fauna, de los cultivos, de las construcciones y contra el deterioro de la visibilidad.

A continuación, se presentan los estándares nacionales e internacionales de calidad de aire ambiental para los parámetros de PM₁₀ y plomo.

Tabla 3: Estándares Nacionales e Internacionales de Calidad Ambiental del Aire

Contaminantes	Periodo	Forma del Estándar (µg/m ³)			Formato	Método de Análisis ¹
		Valor DS. 074-2001-PCM	Valor DS. 003-2017-MINAM	Valor Guía OMS		
PM ₁₀	Anual	50	50	20	Media aritmética anual	Separación inercial /filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	100	50	*NE más de 3 veces/año **NE más de 7 veces al año	
Plomo	Anual	***0.5	0.5	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	1.5	-	NE más de 4 veces/año	

FUENTE: PCM, 2001; MINAM, 2017; OMS, 2001.

NE: No Exceder.

(1) O método equivalente aprobado

(*) DS.074-2001-PCM

(**) DS.003-2017-MINAM

(***) DS.069-2003-PCM

2.5 MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO

Término genérico aplicado a una amplia gama de sustancias química, física y biológicamente diversas que existen en el aire como partículas discretas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmosfera en un amplio rango de tamaños (Mészáros, 1999). Es necesario considerar que el termino material particulado atmosférico es un concepto amplio que abarca tanto las partículas en suspensión como las partículas sedimentables (diámetro $>20\mu\text{m}$), caracterizadas por un corto tiempo de residencia en la atmosfera (Morales, 2006).

Las partículas atmosféricas pueden ser emitidas por una gran variedad de fuentes de origen natural o antrópico. Respecto a los mecanismos de formación, las partículas pueden ser emitidas como tales a la atmósfera o bien ser generadas por reacciones químicas denominándose partículas primarias y secundarias respectivamente (Warneck, 1999). Los niveles de material particulado atmosférico se suelen expresar en forma de concentración de masa por unidad de volumen aire en microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.5.1 Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀)

Partículas inhalables, con diámetros aerodinámico menor que 10 μm . Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (EPA, 2016).

Generalmente, las mediciones de la calidad del aire se notifican como concentraciones medias diarias o anuales de partículas PM₁₀ por metro cúbico (m^3) de aire. Se forman básicamente por medio de procesos mecánicos, como las obras de construcción, la resuspensión del polvo de los caminos y el viento (OMS, 2016).

2.5.2 Efectos sobre la salud del material particulado

Efectos agudos y crónicos a la salud han sido positivamente asociados con la exposición al material particulado. Cuánto más pequeña es la partícula más probable será que penetre más profundamente en los pulmones, llegando, a veces, a alterar los procesos celulares. La

exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón (OMS, 2016).

Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo (OMS, 2016).

El tamaño y la composición asociada de partículas determinan su comportamiento en el sistema respiratorio, incluyendo cómo las partículas pueden penetrar, donde se depositan, y la eficacia de los mecanismos de defensa del cuerpo para expulsarlas. Además, el tamaño del material particulado es uno de los parámetros más importantes al determinar el tiempo de residencia y la distribución espacial de las partículas en el medio ambiente. El tamaño del material particulado es también un factor importante de la debilitación de la visibilidad (Miranda y Ortiz, 2008).

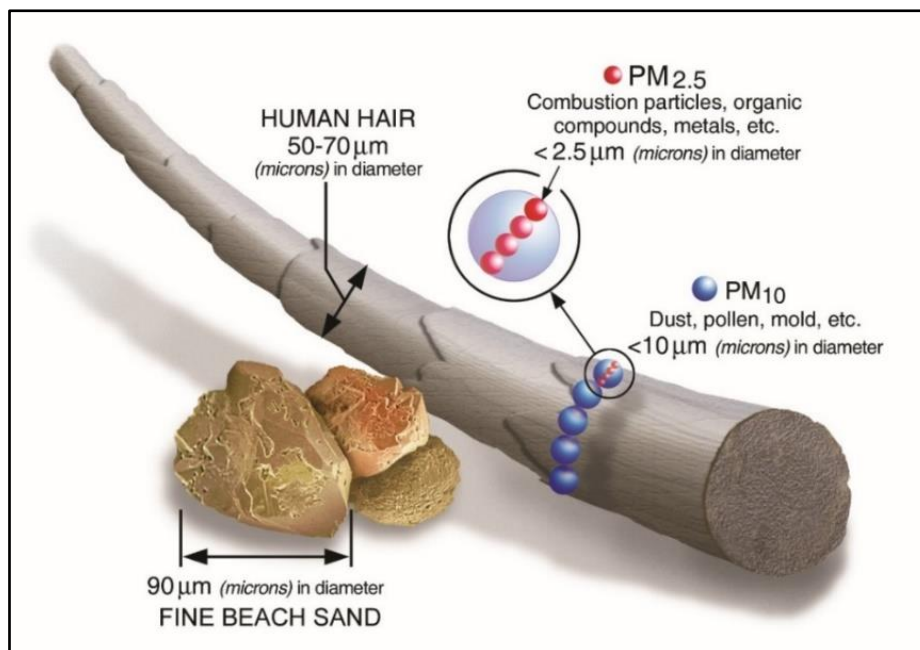


Figura 3: Comparaciones de tamaños para partículas

FUENTE: EPA, 2017.

2.6 PLOMO

Metal de alto peso atómico que está ampliamente distribuido por todo el planeta en forma de galena, que es sulfuro de plomo. Su uso generalizado ha dado lugar a una amplia contaminación ambiental, exposición humana y graves problemas de salud pública en

muchas partes del mundo. En el caso del aire, el Pb se encuentra asociado con las partículas en forma de plomo elemental (Pb), óxidos de plomo (Pb_xO_x), sulfato de plomo ($PbSO_4$), sulfuro de plomo (PbS), alquilos de plomo ($PbCH_3$) y haluros de plomo (Jiménez, 2005).

2.6.1 Efectos en la salud del plomo

El plomo esta entre una de las diez sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública. Esta sustancia se acumula y afecta a diversos sistemas del cuerpo, como el sistema nervioso, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y renal. Los niños son más vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo; un nivel relativamente bajo de exposición puede causar daños neurológicos graves, y en algunos casos irreversibles (OMS, 2017).

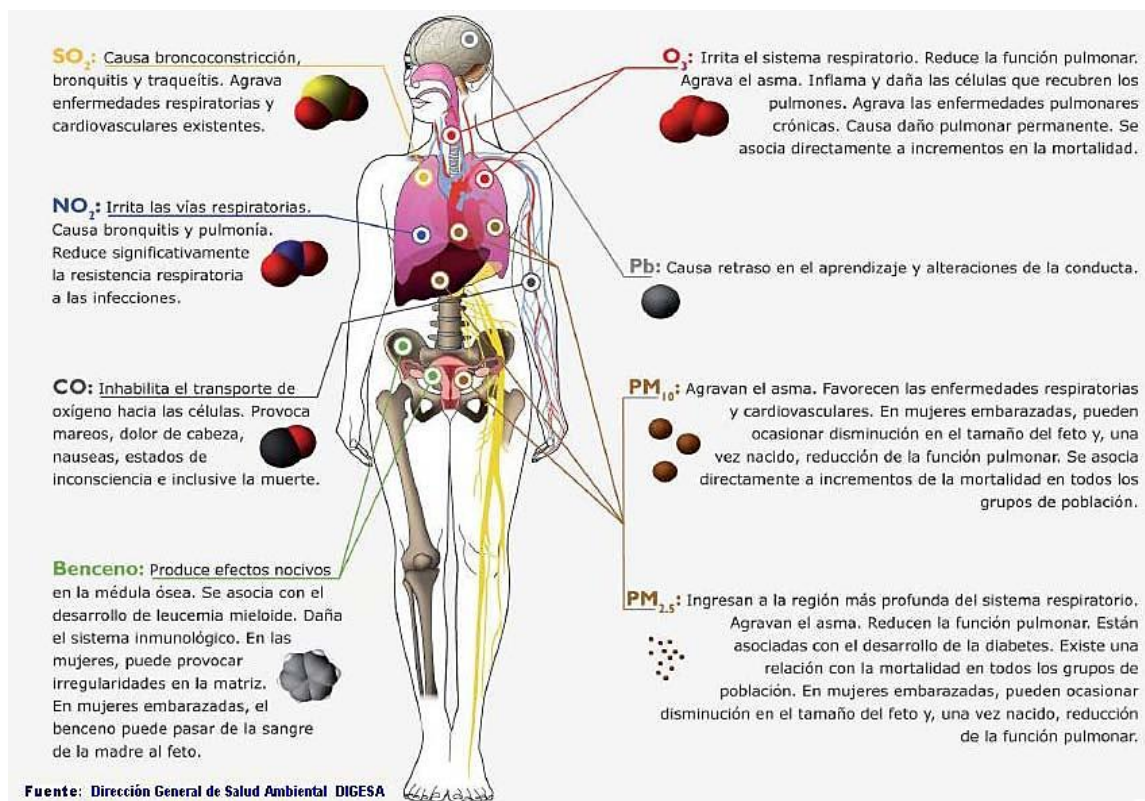


Figura 4: Efectos de los contaminantes del aire en la salud

FUENTE: DIGESA, 2011.

2.7 MONITOREO DE PM₁₀ EN ALTO VOLUMEN

2.7.1 Acondicionamiento de filtros

Antes del acondicionamiento se comienza con la inspección visual de cada filtro para detectar defectos como picaduras, material suelto, decoloración e imperfecciones; y luego establecer un registro con información sobre el filtro y asignarle a cada filtro un número de identificación. Para los monitoreos de PM₁₀ en donde se realizará un posterior análisis de metales, son empleados filtros de fibra de cuarzo; puesto que por su composición y características son los más recomendados.

Los filtros son equilibrados durante 24 horas bajo condiciones de:

- Temperatura: el rango puede ser de 15°C a 30 °C.
- Control de temperatura: +/- 3°C.
- Rango de humedad: 20 % a 45 % de humedad relativa.
- Control de humedad: +/- 5 % de humedad relativa.

Luego del equilibrio, se pesa cada filtro en una balanza analítica para obtener el peso inicial (W_i); y también se procede a la identificación del filtro.

2.7.2 Muestreo

El equipo utilizado para el muestreo corresponde al Muestreador de Alto Volumen (Hi-vol) con control de flujo volumétrico, en el cual el aire ambiental es aspirado por 24 +/- 1 horas a un flujo nominal de 1,13 m³/min, mediante una bomba de succión, hacia un selector de partículas de varias etapas: en la primera etapa ingresa a una cámara de amortiguación desde la que se precipita a unas boquillas que aceleran a las partículas hacia una segunda cámara (segunda etapa), en esta segunda cámara las partículas mayores de 10 µm caen inercialmente hacia la superficie de una placa de impactación untada con una grasa o aceite de silicona, quedando así retenidas, mientras que las de menor tamaño, que no llegan a golpear la placa, ascienden hacia otro juego de boquillas que las conducen, corriente abajo (tercera etapa), hacia un filtro de 203 x 254mm, donde son depositadas.



Figura 5: Equipo muestreador de partículas de alto volumen (Hi-vol)

FUENTE: SGS del Perú, 2016

2.7.3 Análisis

El filtro es nuevamente equilibrado en el medio de acondicionamiento por lo menos 24 horas, a las mismas condiciones de temperatura y humedad que las empleadas para equilibrar el filtro antes del muestreo; e inmediatamente después se pesa el filtro para obtener el peso final (W_f).

2.7.4 Cálculos

El volumen total de aire muestreado, corregido a condiciones estándar (25°C y 760 mmHg), se determina a partir del flujo medido y del tiempo de muestreo. La concentración de PM_{10} en el aire se calcula como la masa de las partículas colectadas en el filtro dividida por el volumen total de aire corregido a condiciones estándar, y se expresa en microgramos por metro cúbico estándar ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ std}$).

La Norma Técnica Peruana NTP 900.030 2003 establece la metodología para la determinación del material particulado respirable como PM₁₀ en la atmosfera.

- Se calcula promedio de los datos de presión atmosférica y temperatura ambiental obtenidos de la estación meteorológica durante el periodo de muestreo.

$$P_{av} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

$$T_{av} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n}{n}$$

Donde:

P_{av} = Presión barométrica promedio durante el periodo de muestreo o presión barométrica promedio para el lugar de muestreo, kPa (o mmHg).

T_{av} = Temperatura ambiental promedio durante el periodo de muestreo o temperatura ambiente estacional promedio para el lugar de muestreo, K.

- Se calcula el flujo promedio durante el periodo de muestreo, corregido a las condiciones de referencia indicadas (25 °C, 101,3 kPa) como Q_{std} . Cuando el indicador de flujo del muestreador se calibra en unidades volumétricas reales (Q_a); Q_{std} se calcula como:

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

Donde:

Q_{std} = Flujo promedio a condiciones de referencia indicadas (25 °C, 101,3 kPa), m³std/min.

Q_a = Flujo promedio a condiciones ambientales, m³/min.

P_{std} = Presión estándar, definida como 101,3 kPa (ó 760 mmHg).

T_{std} = Temperatura estándar, definida como 298 K.

- Cálculo del volumen total de aire muestreado:

$$V_{std} = Q_{std} \cdot t$$

Donde:

V_{std} = Total de aire muestreado en unidades patrón de volumen, en m^3_{std} .

t = Tiempo de muestreo, min.

- Cálculo de la concentración de PM_{10} como:

$$PM_{10} = \left(\frac{W_f - W_i}{V_{std}} \right) \cdot 10^6$$

Donde:

PM_{10} = Concentración másica de material particulado respirable con diámetro aerodinámico menor o igual que 10 micrómetros en $\mu g/m^3_{std}$

W_i = Peso inicial del filtro colector de partículas, en g.

W_f = Peso final del filtro colector de partículas, en g.

2.8 MONITOREO DE PLOMO

La Norma Técnica Peruana NTP 900.032 2003 establece la metodología para la determinación de plomo en material particulado suspendido colectado en el aire del ambiente; equivalente al método EPA 40 CFR Part 50, Appendix G Reference Method for the Determination of Lead in Suspended Particulate Matter Collected from Ambient Air.

2.8.1 Muestreo

Puesto que el análisis para la determinación de concentración de PM_{10} no es método destructivo, la cantidad de plomo es obtenidos del filtro empleado en el muestreo de PM_{10} .

2.8.2 Preparación de la muestra (Extracción en caliente)

- Cortar una tira del filtro muestreado de 1,9 cm x 20,3 cm ($\frac{3}{4}$ " x 8"), utilizando una regla y un cortapizza (Cuchilla circular), de tal modo que la tira representará la doceava parte del filtro.

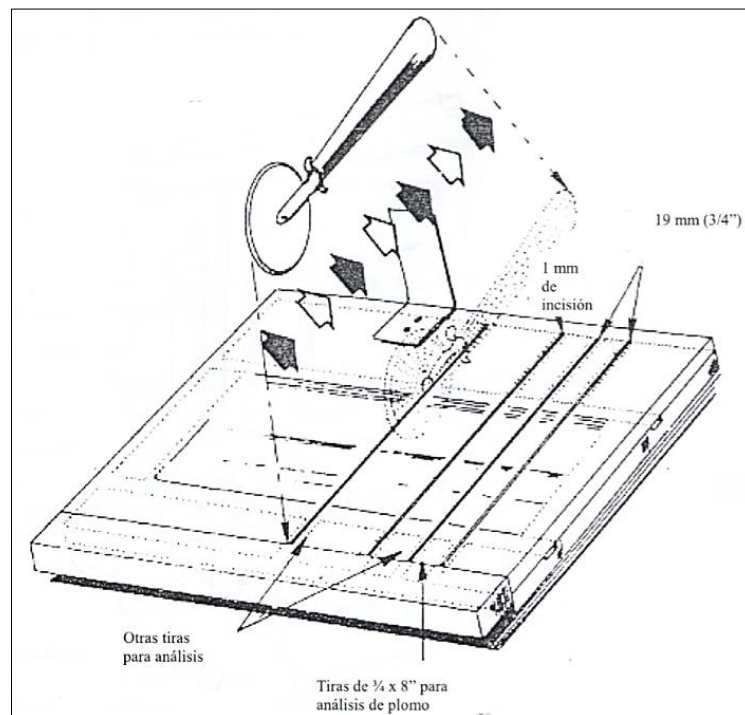


Figura 6: Herramienta cortadora de filtro

FUENTE: NTP 900-032, 2003.

- Doble la tira por la mitad dos veces y colóquela en un beaker o erlenmeyer de 150 ml para su digestión, agregue 35 ml de 3 M HNO_3 . El ácido debe cubrir la muestra completamente y luego cubra el beaker con una luna de reloj.

- Colocar el beaker en la plancha de calentamiento, ubicado en una campana extractora de gases, y hervir lentamente por 30 min. No dejar que la muestra se evapore tanto que se seque.
- Remover el beaker de la plancha de calentamiento y dejar enfriar hasta la temperatura del ambiente.
- Transfiera cuantitativamente la muestra como sigue:
 - Enjuagar el vidrio de reloj y las paredes del beaker con agua destilada.
 - Decante el extracto y transfiera a un matraz volumétrico de 100 ml.
 - Adicione 40 ml agua destilada al beaker, cubrir con un vidrio de reloj y dejar reposar por 30 minutos. Este es un paso crítico y no puede ser omitido ya que permite que el HNO_3 atrapado en el filtro sea diluido dentro del enjuague de agua.
 - Decantar el agua del filtro dentro del matraz volumétrico.
 - Se deberá enjuagar el filtro por lo menos dos veces con agua destilada y agregar los enjuagues al frasco volumétrico hasta que el volumen total sea 80 a 85 ml.
 - Tapar el matraz con un tapón y agitar vigorosamente. Deje reposar por aproximadamente 5 minutos o hasta que la espuma haya desaparecido.
 - Aumentar el volumen de la solución hasta el nivel del matraz con agua destilada y dejar en reposo la muestra, por al menos una hora antes de llevarla al equipo de absorción atómica.

2.8.3 Análisis

- Fijar la longitud de onda del monocromador en 283,3 o 217,0 nm. Ajuste las demás condiciones del equipo de acuerdo con las recomendaciones dadas por el fabricante.
- Las muestras pueden ser analizadas directamente, sin embargo, se recomienda trasvasar con decantación porciones de muestras a tubos, de tal modo que la manipulación sea más cómoda.
- Se deberá grabar las lecturas de la curva de calibración, así como la de las muestras, tanto las señales como las concentraciones, las muestras que excedan el rango de la curva de calibración deberán diluirse y ser reanalizadas.

2.8.4 Cálculos

- Contenido de plomo en los filtros de muestro

$$Fb = \left(\frac{\mu g Pb}{ml}\right) \cdot \left(\frac{100 ml}{tiras}\right) \cdot \left(\frac{12 tiras}{filtro}\right)$$

Donde:

Fb = Contenido de plomo por 72 pulgadas cuadradas de filtro, en μg .

$\mu g Pb$ = Concentración de plomo determinado en el análisis.

100 ml/tiras = volumen total de la muestra.

12 tiras = Área útil del filtro de 8" x 9". Área expuesta en una tira de $\frac{3}{4}$ " x 8".

Filtro = Área total de una tira, $\frac{3}{4}$ " x 8".

- Medida del volumen del aire

Se procede a calcular el volumen del aire muestreado a temperatura y presión estándar (Vstd), según lo indicado líneas arriba.

- Concentración de plomo

$$C = \frac{\left(\frac{\mu g Pb}{ml}\right) \cdot \left(\frac{100 ml}{tiras}\right) \cdot \left(\frac{12 tiras}{filtro}\right) - Fb}{Vstd}$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

A. Datos de monitoreo de PM₁₀ y plomo en el aire

- Datos de concentraciones diarias de PM₁₀ y plomo desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016, en seis estaciones de monitoreo cerca a los depósitos de minerales en el distrito del Callao. Obtenido del Informe Anual de Monitoreo de Calidad de Aire y Variables Meteorológicas de los depósitos de minerales del año 2016.

B. Datos de variables meteorológicos

- Datos diarios de temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre del año 2016, en una estación de monitoreo ubicada en el PP.JJ. Ramón Castilla cerca a los depósitos de minerales en el distrito del Callao. Obtenido del Informe Anual de Monitoreo de Calidad de Aire y Variables Meteorológicas de los depósitos de minerales del año 2016.

C. *Software*

- Excel 2016, Minitab 17, WRPLOT 8.0.2, AutoCad 2014, ArcGis 10,1.

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Búsqueda de información

Durante esta actividad se recopiló toda la información necesaria que se dispone de autores e instituciones involucradas; así como datos de monitoreo de PM₁₀, plomo y variables meteorológicas desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016, en seis estaciones de monitoreo cerca a los depósitos de minerales en el distrito del Callao. Que fueron recopilados del laboratorio SGS del Perú S.A.C., el cual facilitó la información de los informes de ensayos de monitoreos.

Los datos de concentraciones obtenidos del laboratorio fueron realizados teniendo en cuenta los métodos de referencia que establece el Decreto Supremo N°074-2001-PCM y las normas técnicas nacionales vigentes.

A. Ubicación de los puntos de monitoreo

Los criterios de ubicación y distribución espacial de los puntos son importantes, así como las recomendaciones para la selección de los sitios definidos por la Environmental Protection Agency (EPA) y, teniendo como referencia la dirección predominante del viento y los criterios contenidos en el Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire de la DIGESA.

Los sitios de muestro de la red de monitoreo de aire fueron establecido a partir de los Estudios de Impacto Ambiental de las empresas de “Depósitos de Minerales” considerando las poblaciones más cercanas, más sensible (colegio “María Reiche”) y la predominancia de los vientos.

Además, se monitoreo un punto de control ubicado en la urbanización Centenario, la cual se encuentra a un kilómetro y a barlovento de los depósitos de minerales, el cual sirvió de referencia para comparar los resultados obtenidos.

- **Estación E-02:**

Ubicado al Oeste de los depósitos de minerales a 150 metros aproximadamente, en el pasaje Almirante Miguel Grau Mz. E-5 Lote 1, en el PP.JJ. Puerto Nuevo con viviendas de 2 y 3 pisos, pistas asfaltadas con poco flujo vehicular.

Esta estación constituye un punto de control representativo de la zona poblada más cercana a los depósitos de minerales, que concentra alrededor de 4 752 habitantes. Esta estación posee una escala de representatividad local, como un área relativamente uniforme cuyas dimensiones abarcan de 0,5 a 4 Km, se encuentra asociada a las fuentes de emisión y efectos en población.

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud (m.s.n.m)	Ubicación
Norte	Este		
8 667 437	267 378	7	PP.JJ. Puerto Nuevo



Figura 7: Ubicación espacial del punto de monitoreo E-02

FUENTE: Elaboración propia.

- **Estación E-03:**

Ubicado al lado Oeste de los depósitos de minerales en la avenida Contralmirante Mora N° 420, dentro de la Institución Educativa 5045 María Reiche, Puerto Nuevo.

La existencia de esta estación obedece a la cercanía de la Av. Contralmirante Mora y Av. Atalaya principales vías de alto tránsito de la zona, lo cual conforma una fuente importante de influencia en los resultados; y además por ser la zona que tiene la población más sensible a los efectos de la contaminación del aire.

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud	Ubicación
Norte	Este	(m.s.n.m)	
8 667 408	267 588	9	PP.JJ. Puerto Nuevo



Figura 8: Ubicación espacial del punto de monitoreo E-03

FUENTE: Elaboración propia.

- **Estación UL-4:**

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud	Ubicación
Norte	Este	(m.s.n.m)	
8 667 257	268 060	13	Urb. San Juan Bosco

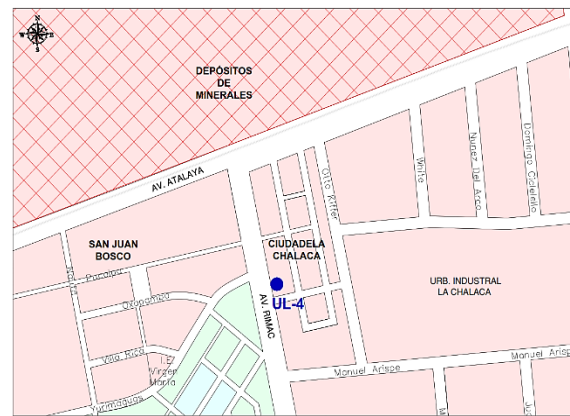


Figura 9: Ubicación espacial del punto de monitoreo UL-4

FUENTE: Elaboración propia.

Ubicado al lado Sur de los depósitos de minerales a 180 metros aproximadamente, en la avenida Rímac N° 302 Mz t-1 Lote 11, en la urbanización San Juan Bosco.

Si bien esta estación se ubica a barlovento de los depósitos de minerales, se encuentra inmersa también en la zona donde existieron otros depósitos de concentrados tales como

- **Estación UL-7:**

Ubicado al Noreste de los depósitos de minerales a 400 metros aproximadamente, en la Mz. C2 Lote27 Comité 17 muy cerca del cruce de calles San Martín y Cuzco en el PP.JJ. Ramón Castilla. Los resultados en esta estación son principalmente influenciados por el tránsito vehicular moderado por la Av. Alameda y la calle San Martín. Cabe resaltar que esta estación de monitoreo se encuentra en una zona donde existe la presencia de un mercado ambulatorio que abarca dos cuadras y, además; se encuentra a 200 metros al Sur del río Rímac, en donde en muchas ocasiones se realiza la quema de basura en sus riberas.



Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud (m.s.n.m)	Ubicación
Norte	Este		
			

Figura 11: Ubicación espacial del punto de monitoreo UL-7

FUENTE: Elaboración propia.

- **Estación E-07:**

Ubicado al Sur de los depósitos de minerales a 1 000 metros aproximadamente, en la avenida Alfredo Palacios N° 698 Mz. B Lote 1 de la urbanización Centenario. Esta estación de monitoreo se toma de referencia como un blanco de muestreo para el monitoreo de calidad de aire, por estar a barlovento de los depósitos de minerales y además por su lejanía a estos. El tránsito vehicular de esta zona es moderado, ya que se encuentra a 200 metros del cruce de las avenidas Argentina y Néstor Gambetta.

Coordenadas UTM – WGS 84		Altitud	Ubicación
Norte	Este	(m.s.n.m)	
8 666 739	268 681	17	Urb. Centenario



Figura 12: Ubicación espacial del punto de monitoreo E-07

FUENTE: Elaboración propia.

- Monitoreo de variables meteorológicas

Puesto que el tiempo atmosférico tiene una fuerte influencia en la dispersión y concentración de los contaminantes, se obtuvieron datos de temperatura del aire, humedad relativa, dirección y velocidad del viento del monitoreo meteorológico; que se realizó con un equipo inalámbrico marca DAVIS y modelo Vantage Pro2 ubicado en la en el punto de monitoreo E-04A, a una altura aproximada de 7 metros.



Figura 13: Estación meteorológica

FUENTE: Elaboración propia.

B. Frecuencia y periodo del monitoreo

Según lo recomendado en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos, los monitoreos ambientales se realizaron cada tres días para poder obtener muestras de todos los días de la semana. El monitoreo comenzó el día 2 de enero y finalizó el 31 de diciembre del año 2016. Además, las lecturas de los parámetros meteorológicos se registraron de forma horaria de manera constante durante todo el año en la estación de monitoreo ambiental E-04A.

Tabla 4: Cronograma de monitoreo ambiental 2016

ENERO							FEBRERO							MARZO							
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
					1	2		1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	
3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	6	7	8	9	10	11	12	
10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	13	14	15	16	17	18	19	
17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	20	21	22	23	24	25	26	
24	25	26	27	28	29	30	28	29						27	28	29	30	31			
31																					
ABRIL							MAYO							JUNIO							
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
					1	2	1	2	3	4	5	6	7					1	2	3	4
3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	
10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	
17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	
24	25	26	27	28	29	30	29	30	31					26	27	28	29	30			
JULIO							AGOSTO							SEPTIEMBRE							
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
					1	2		1	2	3	4	5	6					1	2	3	
3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	
10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	
17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	
24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	31				25	26	27	28	29	30		
31																					
OCTUBRE							NOVIEMBRE							DICIEMBRE							
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
						1			1	2	3	4	5					1	2	3	
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10	
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17	
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30				25	26	27	28	29	30	31	
30	31																				

FUENTE: SGS del Perú S.A.C., 2016.

	Instalación de filtros.
	Retiro de filtros.
	Día sin monitoreo.

3.2.2 Procesamiento de datos de las concentraciones de PM₁₀ y plomo en el aire y de las variables meteorológicas

El procesamiento de los datos de las concentraciones de los parámetros analizados consistió en la estructuración de una base de datos, en la que se consolidó toda la información de las concentraciones de PM₁₀, plomo y variables meteorológicas en tablas y gráficos, en varias escalas temporales tales como en días alternados y mensuales a través de diferentes tipos de gráficos en los *software* Excel y Minitab.

3.2.3 Evaluación temporal de las variables meteorológicas

La información de las variables meteorológicas se obtuvo de la Estación Meteorológica Automática DAVIS de modelo Vantage Pro2, el cual se obtuvo datos de forma horaria.

En el análisis de las variables meteorológicas se consolidó todos los datos en el *Software* MINITAB, en donde se obtuvieron los descriptores estadísticos como el promedio, máximos y mínimos. Luego en el *Software* Excel se procedió a elaborar los gráficos mensuales de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento para la evaluación temporal; y así, poder compararlos con los resultados de PM₁₀ y plomo. Finalmente haciendo uso del *Software* WRPLOT se elaboró la rosa de vientos para el año 2016.

Las variables meteorológicas evaluadas fueron:

- Temperatura del aire promedio (°C)
- Humedad Relativa (%)
- Dirección del viento (°)
- Velocidad del viento (m/s)

3.2.4 Evaluación temporal de las concentraciones de PM₁₀ y plomo

La evaluación se realizó a través de graficas de concentraciones versus tiempo y así poder hacer el análisis diario, mensual y anual de las variables de las concentraciones de PM₁₀, plomo y variables meteorológicas, para lo cual se utilizó el *software* Excel.

3.2.5 Evaluación espacial de las concentraciones de PM₁₀ y plomo

La evaluación espacial se realizó a través de la elaboración de mapas en el programa ArcGis 10,1, procediendo la localización de las estaciones de monitoreo E-02, E-03, UL-4, E-04A, UL-7 y E-07 mediante la digitalización de puntos sobre plano catastral del área de monitoreo, creando un shapefile en ArcCatalog. Este shapefile se importó en el programa ArcGis y mediante la herramienta Editor, se procedió a anexar a estos puntos una tabla de atributos con los valores promedios anuales de concentración de plomo y PM₁₀ cada estación de monitoreo.

Para la espacialización de la contaminación, se utilizó el método de interpolación Kriging ordinario, y que se basa en la distancia entre puntos, lo que significa que los lugares que disten menos entre sí, tendrán valores más semejantes de sus atributos que los correspondientes a los puntos o bloques que estén más separados (ESRI, 2018).

3.2.6 Determinación de la relación entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo en el aire

Con el fin de establecer la relación entre las concentraciones de plomo y las partículas menores a 10 micras, se realizó el análisis de correlación lineal simple entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo utilizando el *software* Minitab; para así poder determinar los coeficientes de regresión, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Donde:

Y : Concentración estimada de plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X : Concentración de PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

a : Intercepto

b : Pendiente

Luego se realizó el análisis de varianzas permitiendo evaluar si el modelo es o no significativo, para esto se realizaron las pruebas de hipótesis respectivas y utilizando la prueba estadística de Fisher.

- Las hipótesis son:

Hipótesis planteada (Ho): $b=0$, el coeficiente de la variable independiente es igual a cero.

Hipótesis alterna (Ha): $b\neq 0$, el coeficiente de la variable independiente no es igual a cero.

- Regla de decisión:

La hipótesis planteada se rechaza si el F_{cal} resulta mayor que el valor de la tabla $F_{(1-\alpha, 1, n-2)}$.

Donde:

α : nivel de significación 0,05

n: número de datos

3.2.7 Determinación de la relación de las variables meteorológicas y las concentraciones de PM₁₀ y plomo en el aire

Los parámetros meteorológicos fueron registrados en forma horaria todos los días del año, obteniéndose un promedio diario para cada día de monitoreo.

Con el fin de establecer la relación entre las concentraciones de plomo y PM₁₀ con las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad y velocidad del viento, se realizó el análisis de correlación lineal múltiple utilizando el *software* Minitab; para así poder determinar los coeficientes de regresión, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 \quad (2)$$

Donde:

- Y : Concentración estimada de PM₁₀ o plomo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- X₁ : Temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$)
- X₂ : Humedad relativa (%)
- X₃ : Velocidad del viento (m/s)
- a : Coeficiente de regresión (intercepto)
- b, c y d: Coeficientes de regresión (pendientes)

Luego se realizó el análisis de varianzas permitiendo evaluar si el modelo es o no significativo, para esto se realizaron las pruebas de hipótesis respectivas y utilizando la prueba estadística de Fisher.

- Las hipótesis son:

Hipótesis planteada (H₀): b,c,d =0, el coeficiente de la variable independiente es igual a cero.

Hipótesis alterna (H_a): b,c,d \neq 0, el coeficiente de la variable independiente no es igual a cero.

- Regla de decisión:

La hipótesis planteada se rechaza si el F_{cal} resulta mayor que el valor de la tabla F_(1- α ,3, n-2).

Donde:

α : nivel de significación 0,05

n: número de datos

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS DATOS

4.1.1 Resultados del muestreo de PM₁₀ en el año 2016

Los valores promedio para 24 horas de muestreo de concentraciones de PM₁₀, obtenidos en las seis estaciones de monitoreo durante todo el periodo de muestreo desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016, se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 5: Descriptores estadísticos básicos diarios para los datos de concentración de PM₁₀

Descriptores Estadísticos	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 PP.JJ. San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
N° de Mediciones	122	122	122	122	122	122
Promedio (media)	34,2	44,9	87,4	41,2	43,5	39,0
Concentración Mínima	12,2	17,8	32,1	20,2	22,0	18,2
Primer Cuartil (25%)	26,9	36,7	69,2	33,3	34,6	31,7
Mediana	30,6	41,0	85,0	39,2	40,1	36,2
Tercer Cuartil (75%)	37,1	49,8	101,0	46,4	48,6	44,2
Concentración Máxima	90,3	94,1	197,8	85,9	88,5	98,2
Varianza	158,7	201,8	936,8	128,3	185,0	150,1
Desviación Estándar	12,6	14,2	30,6	11,3	13,6	12,3
Coefficiente de Variabilidad (cv)	36,8%	31,6%	35,0%	27,5%	31,3%	31,4%
Coefficiente de Asimetría de Pearson (as)	0,87	0,83	0,23	0,53	0,75	0,69
Curtosis	4,88	2,13	2,20	2,11	1,65	4,75

FUENTE: Elaboración propia

En el año 2016, se registró que las concentraciones media anual de partículas PM₁₀ de las estaciones de monitoreo E-02, E-03, UL-4, UL-7 y E-07 con los valores de 34,2 µg/m³, 44,9 µg/m³, 41,2 µg/m³, 43,5 µg/m³ y 39,0 µg/m³ respectivamente, cumplieron con el estándar anual establecido en la normativa nacional de calidad de aire de 50 µg/m³; mientras que, la estación E-04A, supera el estándar de la norma aplicada, con una concentración de 87,4 µg/m³.

Tabla 6: Descriptores estadísticos básicos mensuales para los datos de concentración de PM₁₀

Descriptores Estadísticos	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
Enero del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	27,0	49,3	65,3	33,9	36,6	36,8
Concentración Mínima	23,4	29,2	32,1	22,7	30,8	28,4
Concentración Máxima	33,2	92,4	90,6	45,9	44,3	57,6
Desviación Estándar	3,3	20,9	19,2	6,6	4,6	8,4
Febrero del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	30,9	39,0	84,6	35,4	37,1	33,3
Concentración Mínima	26,0	32,5	39,9	31,0	28,0	18,2
Concentración Máxima	45,6	47,6	140,0	43,1	42,7	58,1
Desviación Estándar	5,6	4,4	29,5	4,1	4,2	12,2
Marzo del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	30,7	46,9	91,4	39,0	35,9	35,1
Concentración Mínima	26,2	24,1	52,4	30,7	23,9	28,8
Concentración Máxima	37,5	76,4	140,4	54,3	45,5	43,4
Desviación Estándar	3,7	17,1	27,8	8,8	6,6	4,8
Abril del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	35,8	38,4	97,9	36,3	38,2	36,6
Concentración Mínima	23,4	28,9	59,1	23,6	27,5	26,0
Concentración Máxima	82,9	54,2	162,9	53,3	60,6	57,6
Desviación Estándar	17,7	8,2	29,9	10,3	10,7	8,8

... <<continuación>>

Descriptores Estadísticos	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
Mayo del 2016						
N° Mediciones	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Concentración Media	35,8	45,7	88,3	43,4	51,3	44,1
Concentración Mínima	23,8	22,1	57,4	20,2	24,2	22,4
Concentración Máxima	57,7	75,6	117,2	64,4	74,0	59,6
Desviación Estándar	9,9	15,2	16,9	12,4	13,7	13,0
Junio del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	47,5	67,1	90,1	57,5	59,6	57,7
Concentración Mínima	30,5	43,2	50,2	29,3	22,0	24,1
Concentración Máxima	73,9	94,1	139,7	85,9	88,5	98,2
Desviación Estándar	14,8	17,1	25,0	19,2	22,1	21,6
Julio del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	42,7	47,0	85,4	45,2	44,2	41,2
Concentración Mínima	25,9	33,0	49,0	25,0	27,2	29,5
Concentración Máxima	70,0	77,0	112,2	61,9	66,1	58,4
Desviación Estándar	12,5	12,1	20,2	12,1	10,5	9,8
Agosto del 2016						
N° Mediciones	10	10	10	10	10	10
Concentración Media	33,3	37,6	76,9	37,1	45,5	37,6
Concentración Mínima	17,8	17,8	36,8	28,9	25,8	26,9
Concentración Máxima	55,3	61,9	121,9	45,1	59,1	51,9
Desviación Estándar	10,4	13,0	24,0	4,6	10,3	8,9
Septiembre del 2016						
N° Mediciones	10	10	10	10	10	10
Concentración Media	30,4	40,3	89,6	40,4	41,4	38,8
Concentración Mínima	19,1	22,3	65,8	33,8	23,4	20,5
Concentración Máxima	47,9	50,5	165,7	49,7	56,8	66,2
Desviación Estándar	8,4	8,7	29,1	5,9	9,1	11,5
Octubre del 2016						
N° Mediciones	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Concentración Media	32,6	41,2	80,7	46,2	37,1	35,5
Concentración Mínima	24,3	32,0	32,1	28,7	27,1	20,3

... <<continuación>>

Descriptores Estadísticos	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
Octubre del 2016						
Concentración Máxima	51,6	50,7	129,3	60,2	53,0	50,1
Desviación Estándar	7,2	5,8	29,6	9,2	6,9	8,4
Noviembre del 2016						
Nº Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	41,8	41,5	98,8	39,9	48,4	37,6
Concentración Mínima	26,2	33,3	47,4	33,4	26,9	30,6
Concentración Máxima	90,3	48,5	197,8	57,3	84,4	45,7
Desviación Estándar	19,9	4,8	54,0	8,0	19,9	5,6
Diciembre del 2016						
Nº Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	22,1	45,1	100,3	39,0	46,7	33,2
Concentración Mínima	12,2	32,9	39,0	24,3	28,1	18,7
Concentración Máxima	31,3	64,6	189,1	53,8	66,6	52,7
Desviación Estándar	5,7	10,9	42,6	8,8	13,8	9,0

Elaboración propia

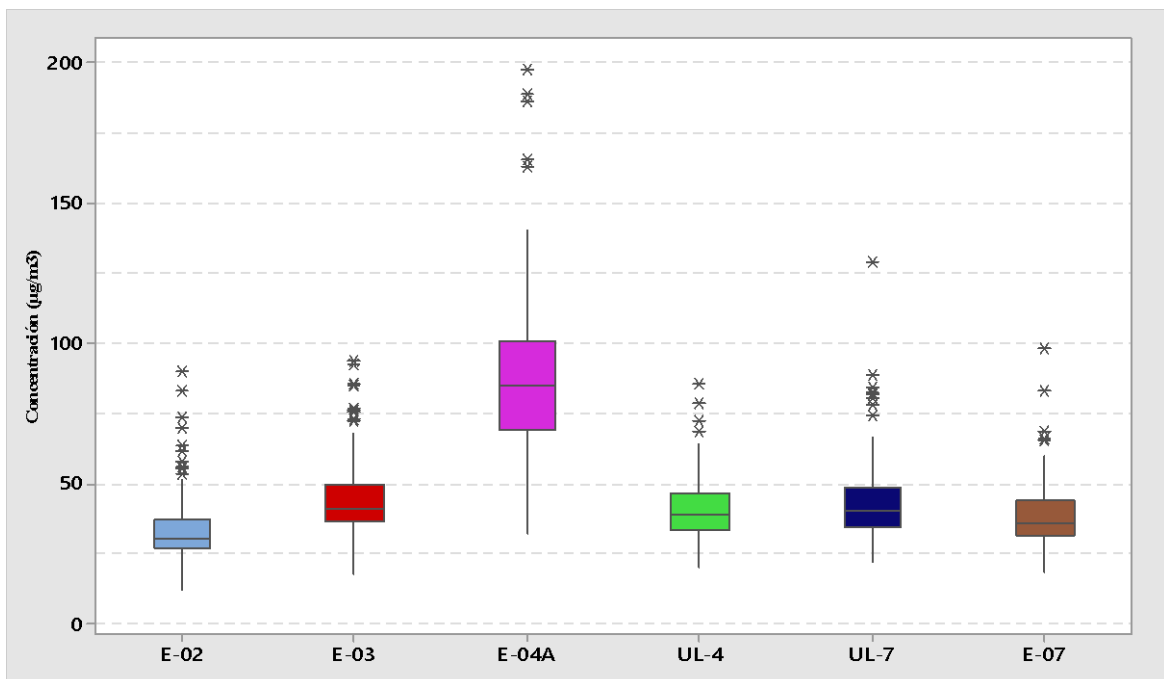


Figura 14: Diagrama de cajas de los datos diarios de concentraciones de PM₁₀

FUENTE: Elaboración propia

4.1.2 Resultados del muestreo de plomo en el aire medidos en el año 2016

Los valores promedio para 24 horas de muestreo de concentraciones de plomo en PM₁₀ obtenidos en las seis estaciones de monitoreo, durante todo el periodo de muestreo desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016, se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 7: Descriptores estadísticos básicos diarios para los datos de concentración de plomo

Descriptores Estadísticos	Concentraciones de Plomo en PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
N° de Mediciones	122	122	122	122	122	122
Promedio (media)	0,016	0,118	0,111	0,050	0,025	0,017
Concentración Mínima	0,004	0,005	0,007	0,001	0,004	0,003
Primer Cuartil (25%)	0,009	0,055	0,058	0,021	0,012	0,007
Mediana	0,012	0,097	0,087	0,034	0,017	0,010
Tercer Cuartil (75%)	0,017	0,140	0,134	0,058	0,030	0,019
Concentración Máxima	0,088	0,711	0,592	0,438	0,115	0,148
Varianza	0,000	0,012	0,007	0,003	0,000	0,000
Desviación Estándar	0,012	0,108	0,082	0,057	0,021	0,018
Coefficiente de Variabilidad (cv)	77,4%	91,3%	74,4%	114,4%	84,5%	110,8%
Coefficiente de Asimetría de Pearson (as)	0,83	0,60	0,84	0,83	1,18	1,09
Curtosis	13,78	10,53	10,87	22,34	5,62	21,71

FUENTE: Elaboración propia

En el año 2016 se registró que las concentraciones media anual de plomo en PM₁₀ de las estaciones de monitoreo E-02, E-03, E-04A, UL-4, UL-7 y E-07 con los valores de 0,016 µg/m³, 0,118 µg/m³, 0,111 µg/m³, 0,050 µg/m³, 0,025 µg/m³ y 0,017 µg/m³ respectivamente, cumplieron con el estándar anual. Para el caso del plomo en PM₁₀, el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire establece 0,5 µg/m³ como estándar anual.

Tabla 8: Descriptores estadísticos básicos mensuales para los datos de concentración de plomo

Descriptores estadísticos	Concentraciones mensuales de Plomo en PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ.. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
Enero del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,011	0,190	0,138	0,029	0,016	0,015
Concentración Mínima	0,005	0,011	0,045	0,004	0,007	0,005
Concentración Máxima	0,016	0,711	0,592	0,073	0,031	0,035
Desviación Estándar	0,004	0,206	0,164	0,020	0,008	0,009
Febrero del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,012	0,061	0,091	0,028	0,017	0,007
Concentración Mínima	0,007	0,011	0,042	0,018	0,008	0,004
Concentración Máxima	0,020	0,111	0,166	0,042	0,041	0,010
Desviación Estándar	0,004	0,037	0,038	0,009	0,010	0,002
Marzo del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,015	0,138	0,092	0,080	0,017	0,013
Concentración Mínima	0,007	0,010	0,034	0,006	0,009	0,005
Concentración Máxima	0,026	0,613	0,200	0,262	0,032	0,035
Desviación Estándar	0,006	0,182	0,049	0,078	0,009	0,009
Abril del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,018	0,073	0,111	0,069	0,023	0,013
Concentración Mínima	0,009	0,025	0,057	0,022	0,012	0,005
Concentración Máxima	0,068	0,140	0,212	0,137	0,054	0,044
Desviación Estándar	0,018	0,037	0,054	0,033	0,013	0,012
Mayo del 2016						
N° Mediciones	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Concentración Media	0,019	0,130	0,141	0,048	0,044	0,024
Concentración Mínima	0,012	0,054	0,035	0,019	0,010	0,006
Concentración Máxima	0,046	0,291	0,260	0,079	0,115	0,048
Desviación Estándar	0,010	0,087	0,068	0,017	0,031	0,015
Junio del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,018	0,183	0,173	0,080	0,035	0,044
Concentración Mínima	0,007	0,063	0,035	0,011	0,006	0,006
Concentración Máxima	0,034	0,327	0,440	0,338	0,056	0,148
Desviación Estándar	0,009	0,090	0,131	0,095	0,018	0,042

... <<continuación>>

Descriptores estadísticos	Concentraciones mensuales de Plomo en PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
Julio del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,020	0,138	0,078	0,029	0,023	0,019
Concentración Mínima	0,006	0,052	0,023	0,005	0,012	0,003
Concentración Máxima	0,038	0,469	0,168	0,072	0,043	0,053
Desviación Estándar	0,011	0,123	0,040	0,023	0,011	0,015
Agosto del 2016						
N° Mediciones	10	10	10	10	10	10
Concentración Media	0,012	0,070	0,093	0,030	0,022	0,012
Concentración Mínima	0,004	0,006	0,049	0,001	0,010	0,006
Concentración Máxima	0,034	0,146	0,165	0,093	0,048	0,046
Desviación Estándar	0,009	0,054	0,040	0,026	0,013	0,012
Septiembre del 2016						
N° Mediciones	10	10	10	10	10	10
Concentración Media	0,010	0,090	0,083	0,043	0,019	0,011
Concentración Mínima	0,005	0,014	0,032	0,007	0,010	0,005
Concentración Máxima	0,016	0,207	0,217	0,112	0,056	0,033
Desviación Estándar	0,003	0,054	0,055	0,030	0,014	0,008
Octubre del 2016						
N° Mediciones	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Concentración Media	0,010	0,072	0,116	0,042	0,020	0,012
Concentración Mínima	0,005	0,005	0,007	0,010	0,004	0,004
Concentración Máxima	0,015	0,139	0,324	0,125	0,111	0,032
Desviación Estándar	0,004	0,052	0,099	0,031	0,030	0,008
Noviembre del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,031	0,145	0,104	0,040	0,019	0,018
Concentración Mínima	0,011	0,006	0,034	0,011	0,008	0,006
Concentración Máxima	0,088	0,322	0,226	0,094	0,066	0,082
Desviación Estándar	0,025	0,098	0,073	0,030	0,018	0,023
Diciembre del 2016						
N° Mediciones	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Concentración Media	0,011	0,129	0,103	0,084	0,040	0,012
Concentración Mínima	0,004	0,041	0,042	0,010	0,008	0,004
Concentración Máxima	0,020	0,246	0,210	0,438	0,096	0,036
Desviación Estándar	0,006	0,058	0,056	0,132	0,034	0,010

FUENTE: Elaboración propia

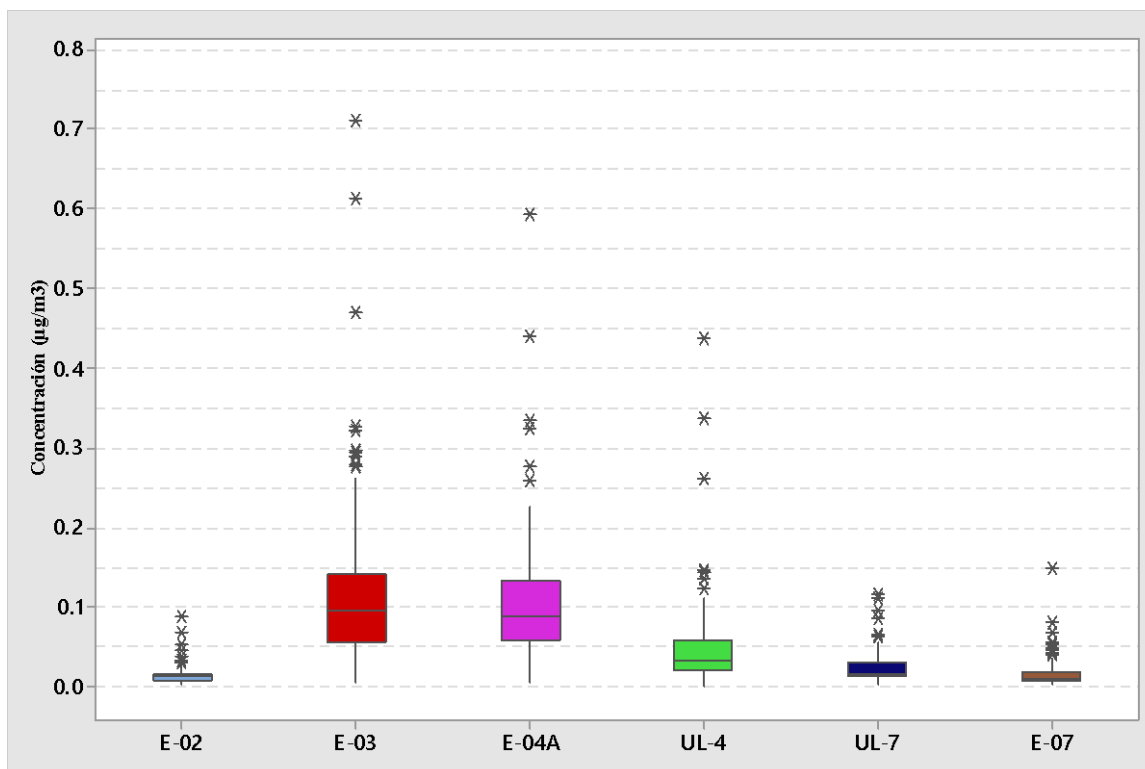


Figura 15: Diagrama de cajas de los datos diarios de concentraciones de plomo

FUENTE: Elaboración propia.

4.1.3 Resultados de los datos meteorológicos medidos en el año 2016

El análisis de los elementos meteorológicos ha sido realizado considerando la información registrada durante todos los días del Año 2016, la estación meteorológica se encuentra ubicada en el punto E-04A en el PP.JJ. Ramón Castilla.

Se consideraron los datos de las variables: Velocidad del viento, dirección, temperatura del aire y humedad relativa, estas variables poseen un alto grado de importancia para la descripción del área, debido a que las mismas pueden influir en las reacciones de sinergismo de los diversos elementos contaminantes presentes en el área de estudio.

Las variables meteorológicas fueron medidas conjuntamente con los parámetros de contaminación ambiental analizados en este trabajo.

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los valores máximos, mínimos y promedio de las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento medidas durante todo el año 2016.

Tabla 9: Descriptores estadísticos básicos para los datos de las variables meteorológicas

Variables		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura del aire (°C)	Máximo	27,6	30,2	28,7	28,0	24,6	23,0	21,7	22,2	22,8	22,8	24,6	26,2
	Promedio	22,0	24,9	24,3	22,0	20,1	18,4	18,3	18,5	18,8	19,0	20,2	20,9
	Mínimo	19,2	22,2	21,8	18,7	17,5	16,7	16,9	15,6	16,2	16,9	16,7	18,4
Humedad Relativa (%)	Máximo	95	96	96	97	96	96	96	96	96	96	95	91
	Promedio	86	86	87	89	89	89	89	87	87	86	83	83
	Mínimo	68	69	69	71	75	73	73	69	68	70	67	67
Velocidad del viento (m/s)	Máximo	9,7	3,6	9,7	4,0	3,1	1,8	5,4	8,1	3,1	7,2	2,6	2,3
	Promedio	2,9	1,3	3,5	2,1	0,8	0,5	1,3	2,3	1,0	3,5	1,0	1,0
	Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FUENTE: Elaboración propia

4.2 COMPORTAMIENTO ESPACIAL DEL MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ Y EL PLOMO

4.2.1 Comportamiento espacial de la concentración PM₁₀ en el año 2016

Se realizó el mapa del comportamiento espacial de PM₁₀ con los valores de la media anual de las concentraciones promedio para 24 horas de muestreo de PM₁₀, obtenidos en las seis estaciones de monitoreo desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016,

Tabla 10: Concentración media anual de PM₁₀

Estaciones de monitoreo	Numero de mediciones	Concentración media anual de PM ₁₀ en µg/m ³ std.	DS.074-2001-PCM DS.003-2017-MINAM (anual) en µg/m ³ std.
E-02 PP.JJ.. Puerto Nuevo	122	34,2	
E-03 Colegio María Reiche	122	44,9	
E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	122	87,4	50
UL-4 PP.JJ. San Juan Bosco	122	41,2	
UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	122	43,5	
E-07 Urb. Centenario	122	39,0	

FUENTE: Elaboración propia

La estación E-04A ubicada en el PP.JJ. Ramón Castilla presenta un valor promedio anual de PM₁₀ de 87,4 µg/m³, siendo el más alto de los valores promedios encontrados en pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales. Esta estación se encuentra al lado Este de los depósitos de minerales a 75 metros aproximadamente, muy cerca del cruce de las Avenidas Néstor Gambetta y Atalaya. Cabe resaltar que en esta zona existe un alto tráfico vehicular debido al paso del transporte público y privado por estas avenidas, a esto se suma el tránsito de vehículos pesados, un lote abandonado cerca del punto de monitoreo que hace de patio de maniobras de vehículos, pistas en mal estado y el paso del tren por toda la avenida Atalaya ocasionando una gran congestión vehicular.

Los valores promedio anuales más bajos de PM₁₀ lo encontramos en las estaciones E-02 y E-07 ubicadas en el PP.JJ. Puerto Nuevo y la Urbanización Centenario respectivamente.

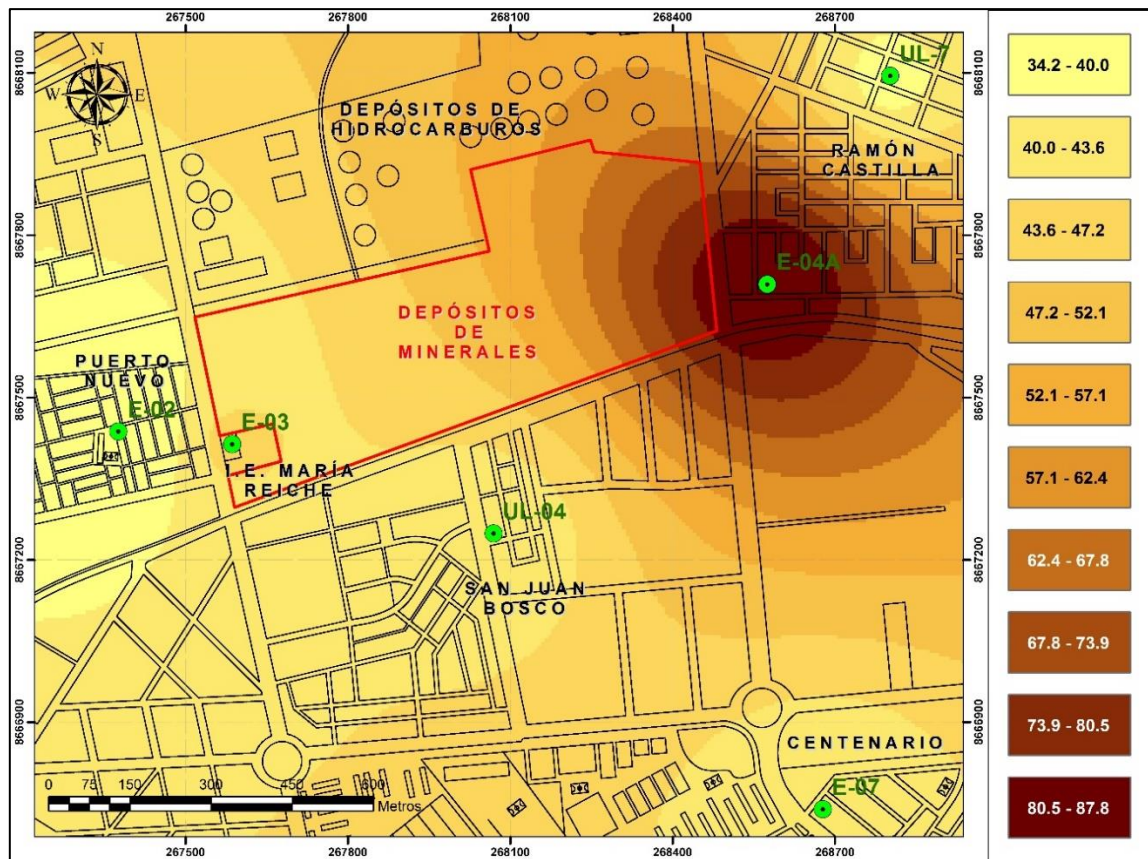


Figura 16: Comportamiento espacial de la concentración de PM₁₀ en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.2.2 Comportamiento espacial de la concentración de plomo en el año 2016

Se realizó el mapa del comportamiento espacial de la concentración de plomo con los valores de la media anual de las concentraciones promedio para 24 horas de muestreo de plomo obtenidos en las seis estaciones de monitoreo desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016.

Las estaciones E-04A y E-03 ubicadas en el PP.JJ. Ramón Castilla y la I.E. María Reiche presentan un valor promedio anual de concentración de plomo de $0,110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $0,118 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, siendo los más altos de los valores promedios anuales encontrados en pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales. El punto de monitoreo E-03 se encuentra en el techo de los salones de clases del colegio María Reiche y limita al lado Oeste con los depósitos de minerales, además de la cercanía hay que resaltar que este punto colinda con una de las entradas de camiones a los almacenes de minerales y por ende se genera un

gran tráfico vehicular por la Av. Contralmirante Mora; pese a ello los valores encontrados en los puntos de monitoreo E-04A y E-03 no sobrepasan los ECAs de concentración de plomo según el DS.069-2003-PCM, DS.003-2017-MINAM y lo indicado por la OMS que designan un valor medio anual de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los valores promedio anuales más bajos de concentración de plomo lo encontramos en las estaciones E-02, UL-4, UL-7 y E-07 ubicadas en los PP.JJ. Puerto Nuevo, San Juan Bosco, Ramón Castilla y la Urbanización Centenario, cuyos valores fueron de $0,016 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,050 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,025 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $0,017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Posiblemente estos valores promedios anuales se deban a la localización de estos puntos de monitoreo, ya que se encuentran a barlovento de los depósitos de minerales, excepto el punto UL-7 que se localiza a sotavento, pero se encuentra a una distancia de 400 metros aproximadamente, y además que solo existe tránsito de vehículos livianos por las calles principales.

Tabla 11: Concentración media anual de plomo

Estaciones de monitoreo	Número de mediciones	Concentración media anual de plomo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ std.	DS. 069-2003-PCM DS. 003-2017-MINAM Valor Guía OMS (anual) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ std.
E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	122	0,016	
E-03 Colegio María Reiche	122	0,118	
E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	122	0,110	0,5
UL-4 PP.JJ. San Juan Bosco	122	0,050	
UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	122	0,025	
E-07 Urb. Centenario	122	0,017	

FUENTE: Elaboración propia

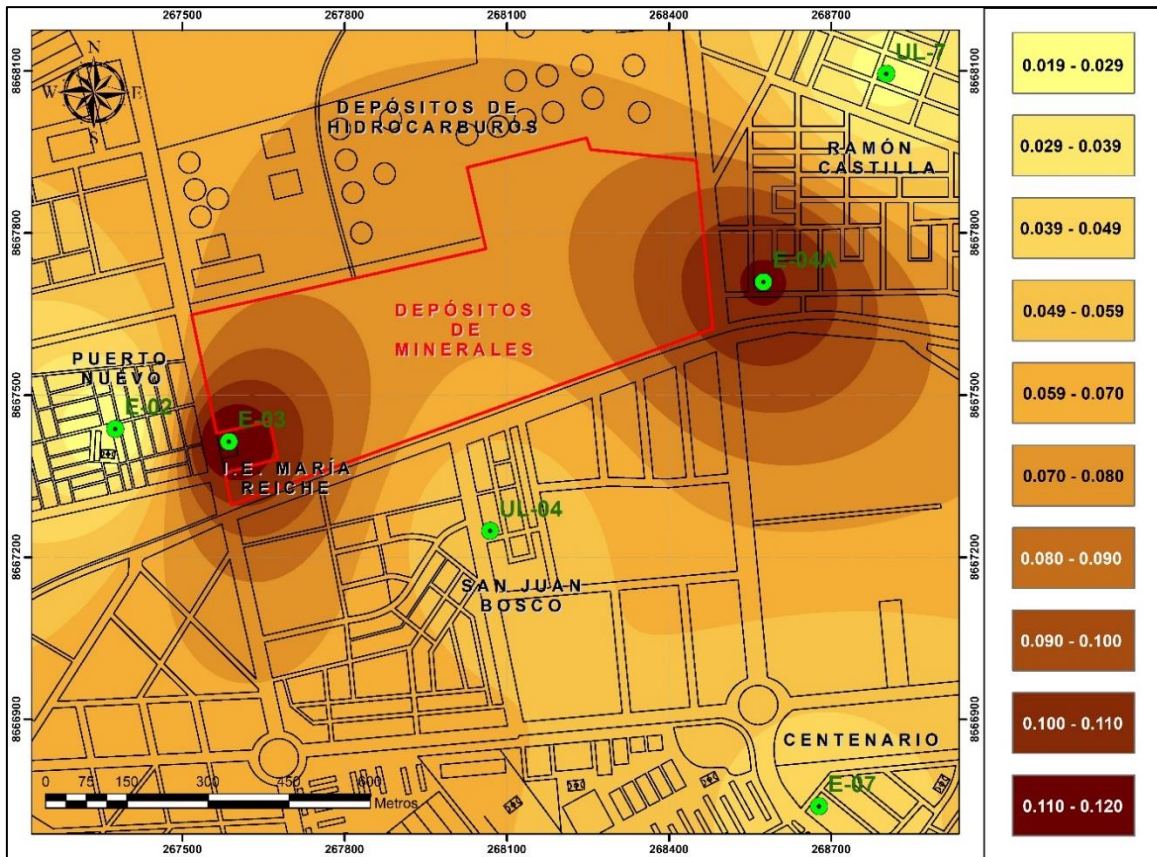


Figura 17: Comportamiento espacial de la concentración de plomo en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.3 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL MATERIAL PARTICULADO (PM₁₀) Y EL PLOMO

4.3.1 Comportamiento diario de las Concentraciones de PM₁₀

En la presente sección, se describen los resultados del monitoreo de calidad del aire muestreados en las estaciones E-02, E-03, E-04A, UL-4, UL-7 y E-07; representándolos en gráficos los valores de las concentraciones de PM₁₀, desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016.

El criterio considerado para la evaluación del muestreo tiene concordancia con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S. N° 074-2001-PCM, D.S. N° 003-2017-MINAM) y el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire, estas normativas establecen la necesidad de proteger la salud de las personas.

a. Estación E-02:

Según la figura se observa que en la estación E-02 las concentraciones más altas se dan en los meses de abril, mayo, junio, julio y noviembre con valores de $82,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $57,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $73,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $70,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $90,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Ninguno de estos valores mencionados sobrepasa el Estándar Nacional de Calidad del Aire de los Decretos Supremos N°074-2001-PCM y N°003-2017-MINAM para PM_{10} en 24 horas, cuyos valores son de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; pero si sobrepasan el estándar indicado por la OMS de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en doce oportunidades.

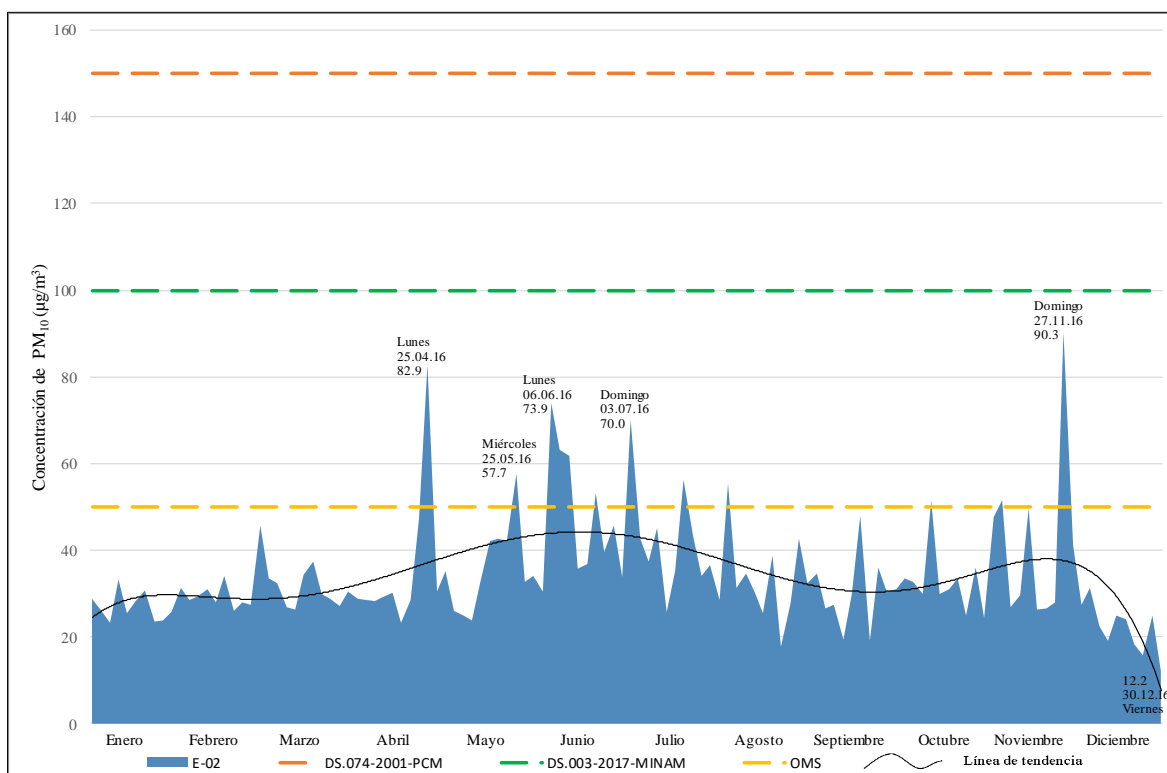


Figura 18: Concentraciones diarias de PM_{10} en el PP.JJ. Puerto Nuevo (E-02) en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

b. Estación E-03:

Según la figura se observa que en la estación E-03 las concentraciones más altas se dan en los meses de enero, junio y julio con valores picos de $92,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $94,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $77,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Ninguno de estos valores mencionados sobrepasa el Estándar Nacional de

Calidad del Aire de los Decretos Supremos N°074-2001-PCM y N°003-2017-MINAM para PM₁₀ en 24 horas, cuyos valores son de 150 µg/m³ y 100 µg/m³ respectivamente; pero si sobrepasan el estándar indicado por la OMS de 50 µg/m³ en veintiocho oportunidades.

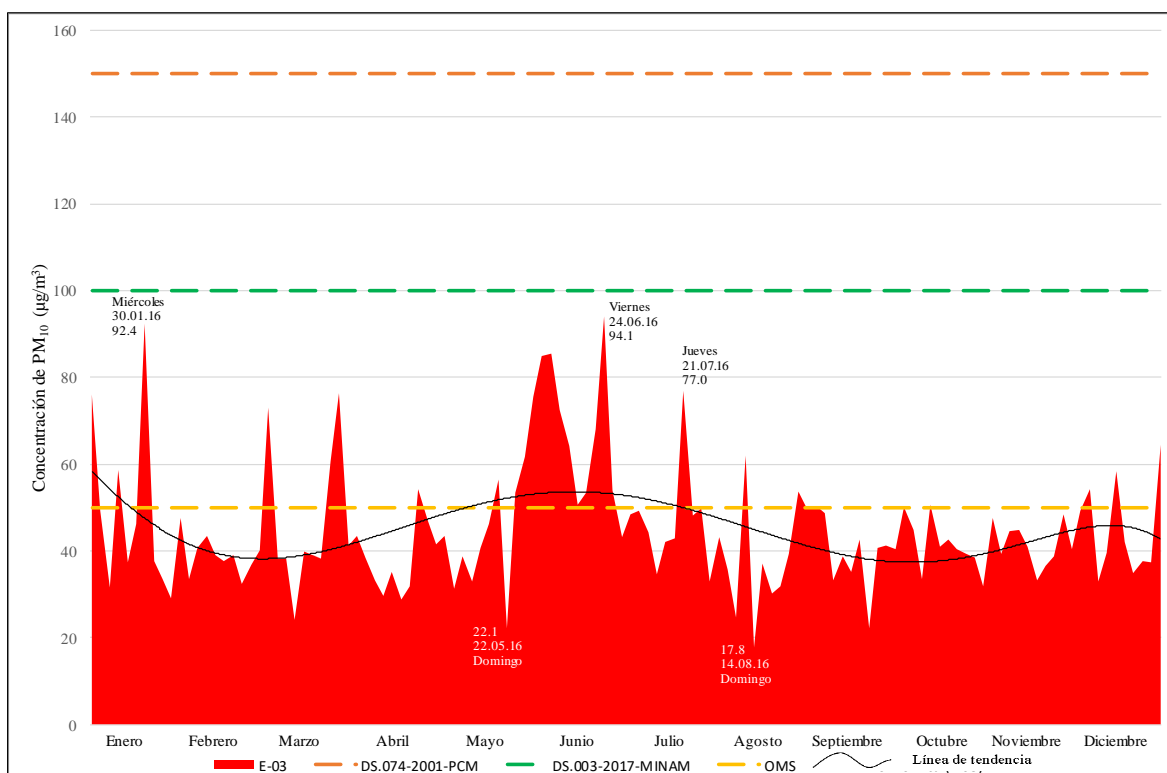


Figura 19: Concentraciones diarias de PM₁₀ en la I.E. María Reiche (E-03) en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

c. Estación UL-4:

Según la figura se observa que los meses en que los valores de concentración de PM₁₀ son más elevados se dan en mayo, junio y Julio, registrándose los picos en los días 6 y 27 de junio con concentraciones de 85,4 µg/m³ y 78,8 µg/m³ respectivamente. Ninguno de estos valores mencionados sobrepasa el Estándar Nacional de Calidad del Aire de los Decretos Supremos N°074-2001-PCM y N°003-2017-MINAM para PM₁₀ en 24 horas, cuyos valores son de 150 µg/m³ y 100 µg/m³ respectivamente; pero si sobrepasan el estándar indicado por la OMS de 50 µg/m³ en veintitres oportunidades

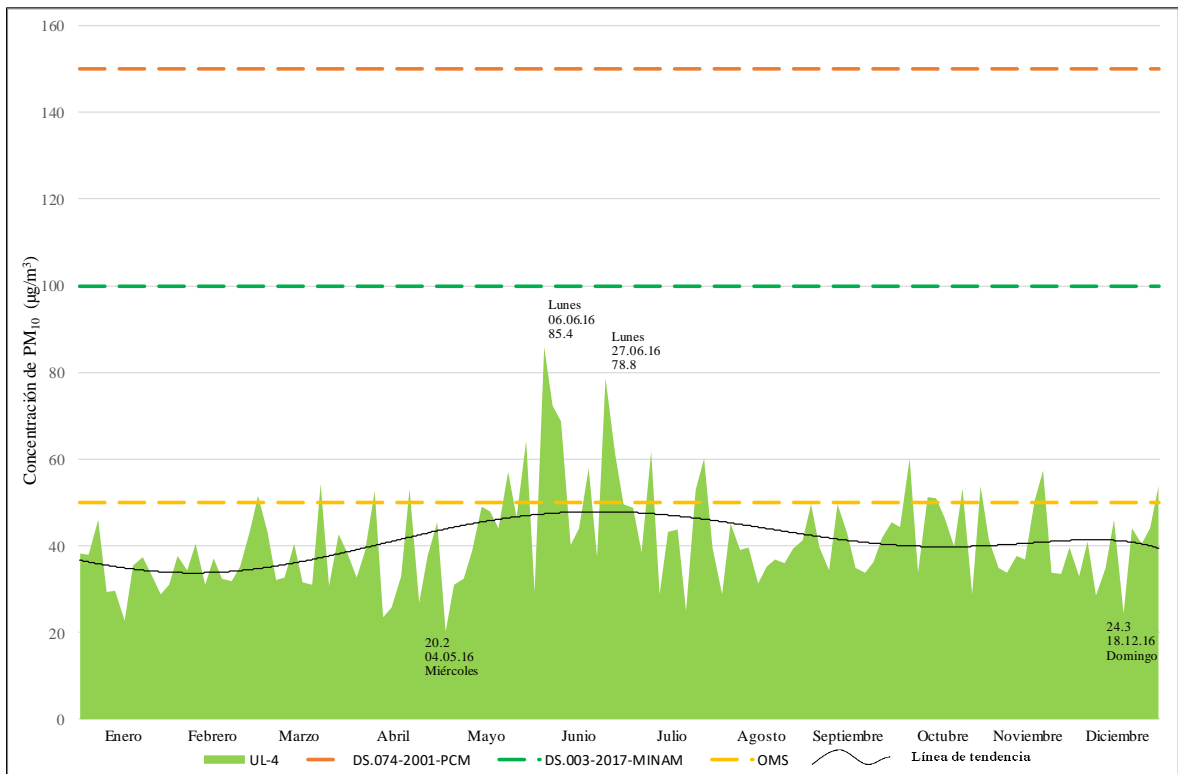


Figura 20: Concentraciones diarias de PM₁₀ en Urb. San Juan Bosco (UL-4) en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

d. Estación E-04A:

Según la figura se observa que los valores de concentraciones de PM₁₀ en el punto E-04A son mucho más elevadas que en las demás estaciones monitoreadas.

Se sobrepasó los valores del Estándar Nacional de Calidad del Aire del D.S. N°074-2001-PCM en cinco oportunidades los días 22 de abril, 4 de septiembre, 12 y 27 de noviembre 3 de diciembre con valores de 162,9 µg/m³, 165,7 µg/m³, 186,5 µg/m³, 197,8 µg/m³ y 189,1 µg/m³ respectivamente; el cual indica un valor estándar de 150 µg/m³ para un periodo de 24 horas y sin excederse en más de 3 veces al año.

En una comparación el Estándar Nacional de Calidad del Aire del D.S. N°003-2017-MINAM se sobrepasaron sus valores en 31 oportunidades en todos los meses del año excepto en el mes de enero; el cual indica un valor estándar de 100 µg/m³ para un periodo de 24 horas y sin excederse en más de 7 veces al año.

Es preciso indicar que las concentraciones altas registradas en la estación E-04A son debido a la influencia directa del tránsito vehicular en la av. Néstor Gambeta, congestión vehicular en el cruce de la Av. Néstor Gambeta con Av. Atalaya, al tránsito de camiones de carga pesada cerca a la estación de monitoreo así como el tránsito del tren a unos 40 metros de la estación de monitoreo, además a 20 m de la estación existe un área sin asfaltar por donde circulan vehículos y camiones que generan contaminación.

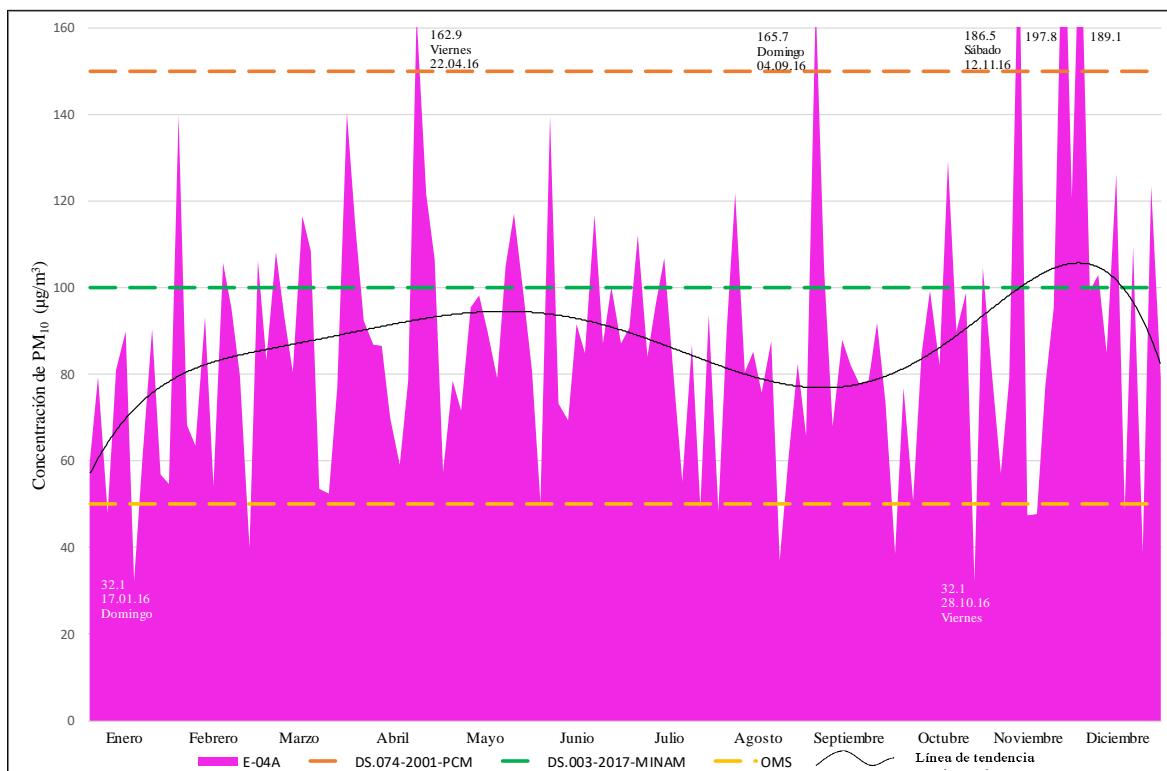


Figura 21: Concentraciones diarias de PM₁₀ en el PP.JJ. Ramón Castilla (E-04A) en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

e. Estación UL-7:

Según la figura se observa que los meses en que los valores de concentración de PM₁₀ son más elevados se dan en mayo, junio, Julio y noviembre registrándose los picos en los días 6 de junio y 24 de noviembre con concentraciones de 88,5 µg/m³ y 88,4 µg/m³ respectivamente. Ninguno de estos valores mencionados sobrepasa el Estándar Nacional de Calidad del Aire de los Decretos Supremos N°074-2001-PCM y N°003-2017-MINAM para

PM₁₀ en 24 horas, cuyos valores son de 150 µg/m³ y 100 µg/m³ respectivamente; pero si sobrepasan el estándar indicado por la OMS de 50 µg/m³ en veintisiete oportunidades.

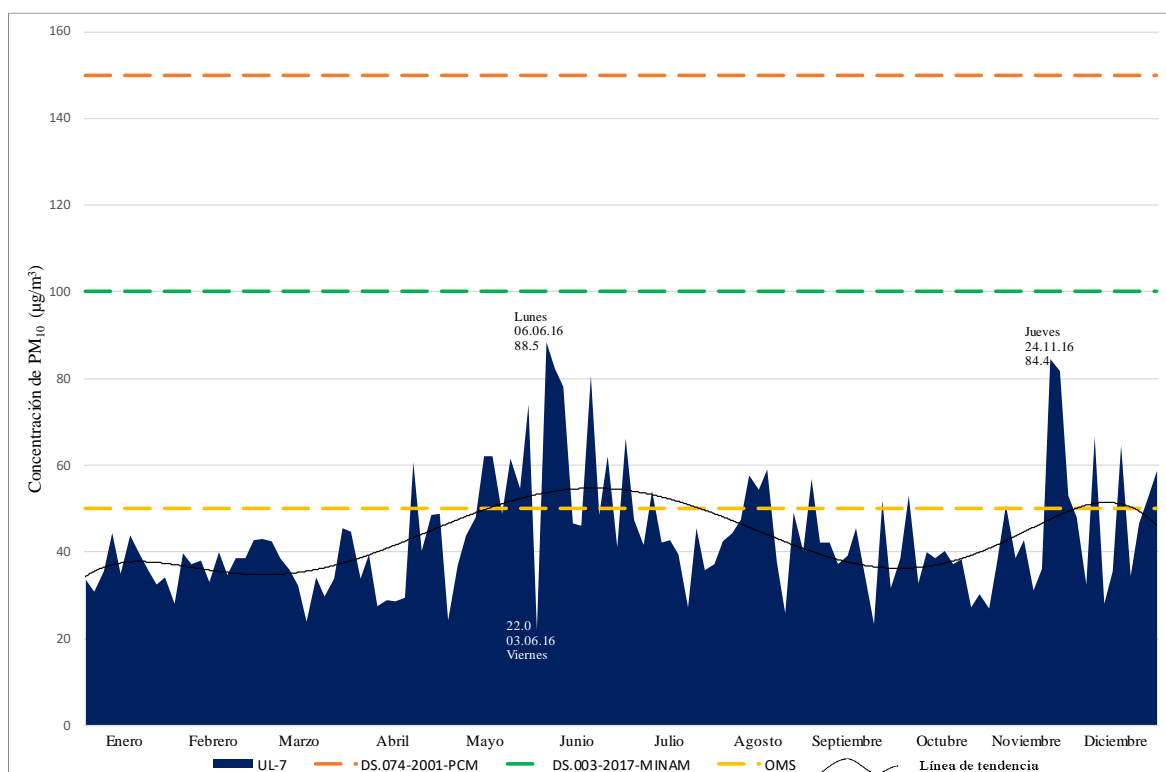


Figura 22: Concentraciones diarias de PM₁₀ en el PP.JJ. Ramón Castilla (UL-7) en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

f. Estación E-07:

Según la figura de la estación de monitoreo E-07 se observa que los meses en que los valores de concentración de PM₁₀ son más elevados se dan en mayo y junio registrándose los picos en los días 6 de junio y 4 de septiembre con concentraciones de 98,2 µg/m³ y 66,2 µg/m³ respectivamente. Ninguno de estos valores mencionados sobrepasa el Estándar Nacional de Calidad del Aire de los Decretos Supremos N°074-2001-PCM y N°003-2017-MINAM para PM₁₀ en 24 horas, cuyos valores son de 150 µg/m³ y 100 µg/m³ respectivamente; pero si sobrepasan el estándar indicado por la OMS de 50 µg/m³ en diecinueve oportunidades.

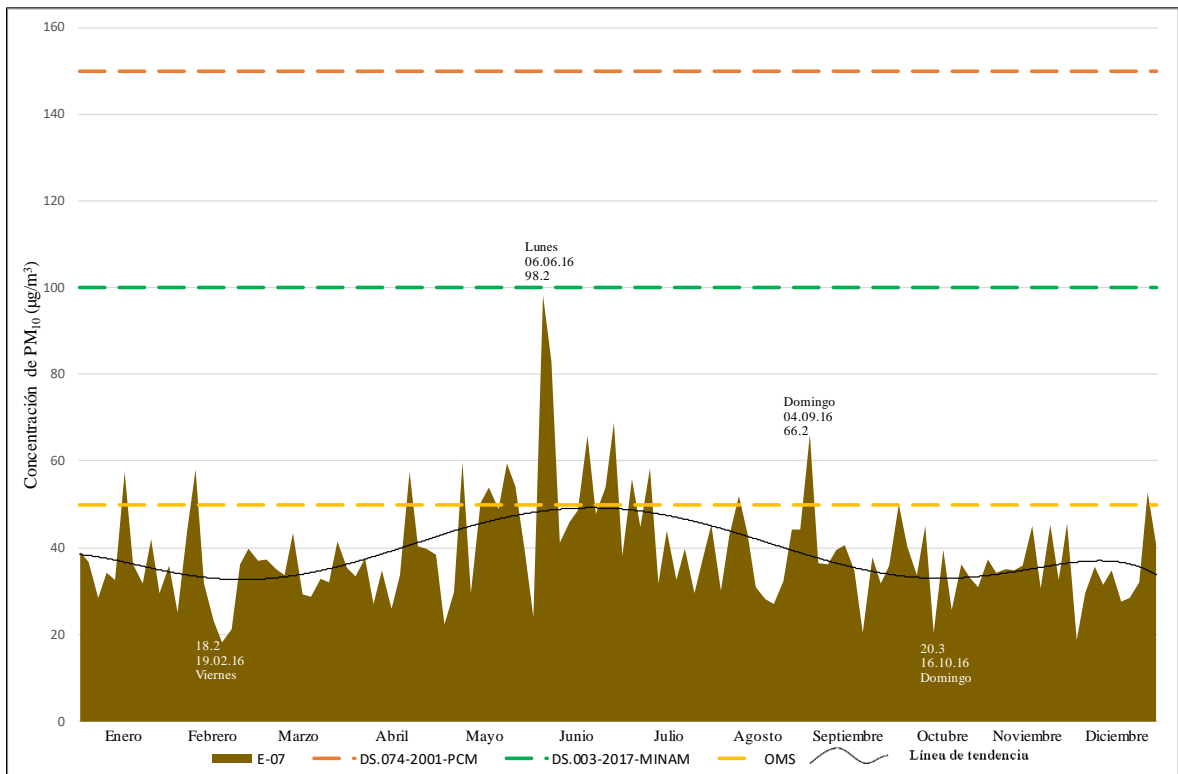


Figura 23: Concentraciones diarias de PM₁₀ en la Urb. Centenario (E-07) en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

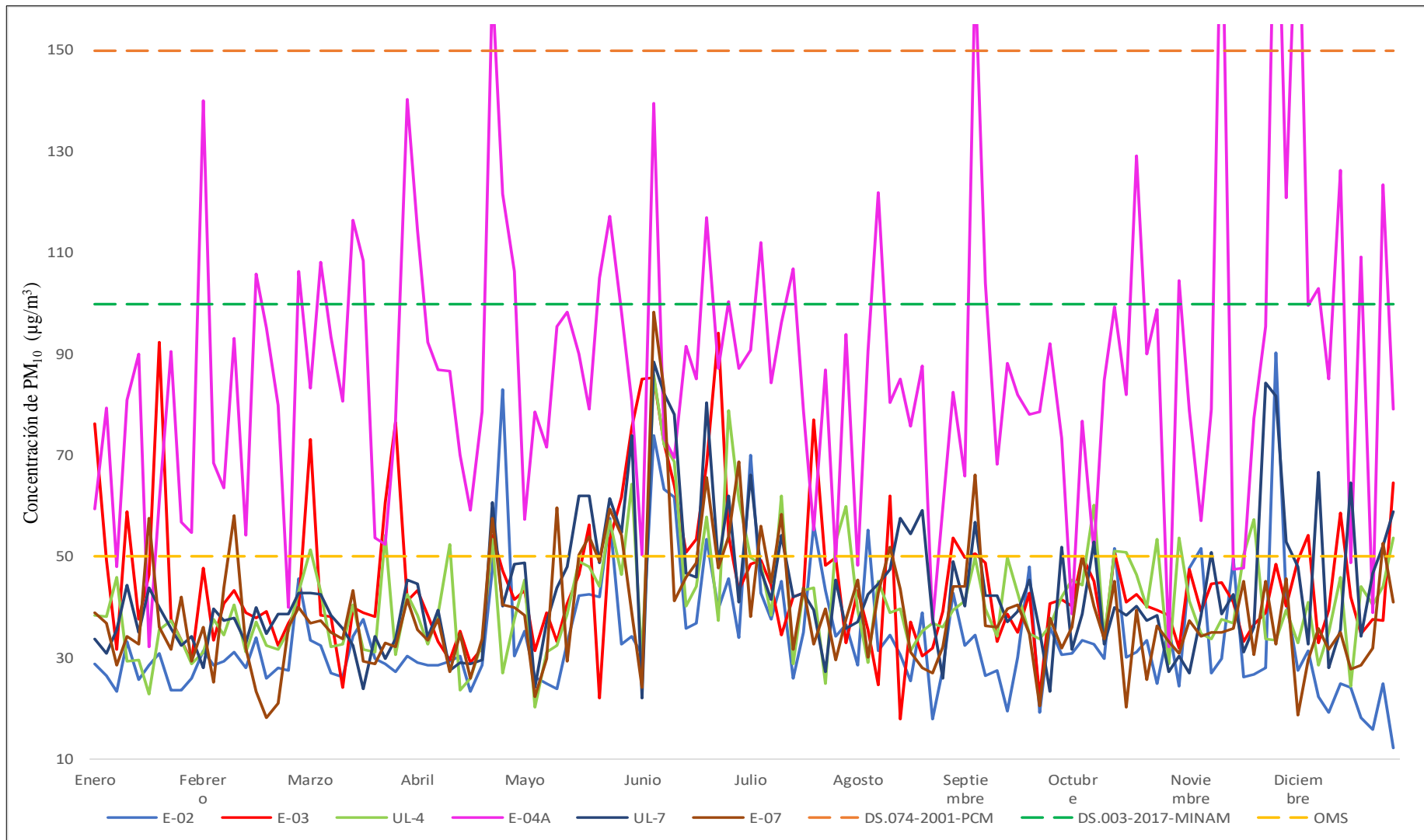


Figura 24: Comportamiento mensual de las concentraciones diarias de PM₁₀ en todas las estaciones en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia.

4.3.2 Comportamiento mensual de las concentraciones de PM₁₀ en el aire

En la figura se observa que los valores promedio mensuales de las concentraciones de PM₁₀ de todas las estaciones de monitoreo en el año 2016. Es claramente apreciable que los días con mayor contaminación por Material Particulado se registraron a partir de del mes de abril en casi todas las estaciones de monitoreo, a excepción de la estación E-04A, alcanzando niveles variables hasta el mes de julio; es decir, abarcando parte de las estaciones de otoño e invierno.

Sin embargo, la estación de monitoreo E-04A escapa a lo anteriormente mencionado, los valores promedios mensuales son los más elevados de todas las estaciones de monitoreo y son más notorios en los meses de marzo, noviembre y diciembre; alcanzando valores máximos de 97,9 µg/m³, 98,8 µg/m³ y 100,3 µg/m³ respectivamente.

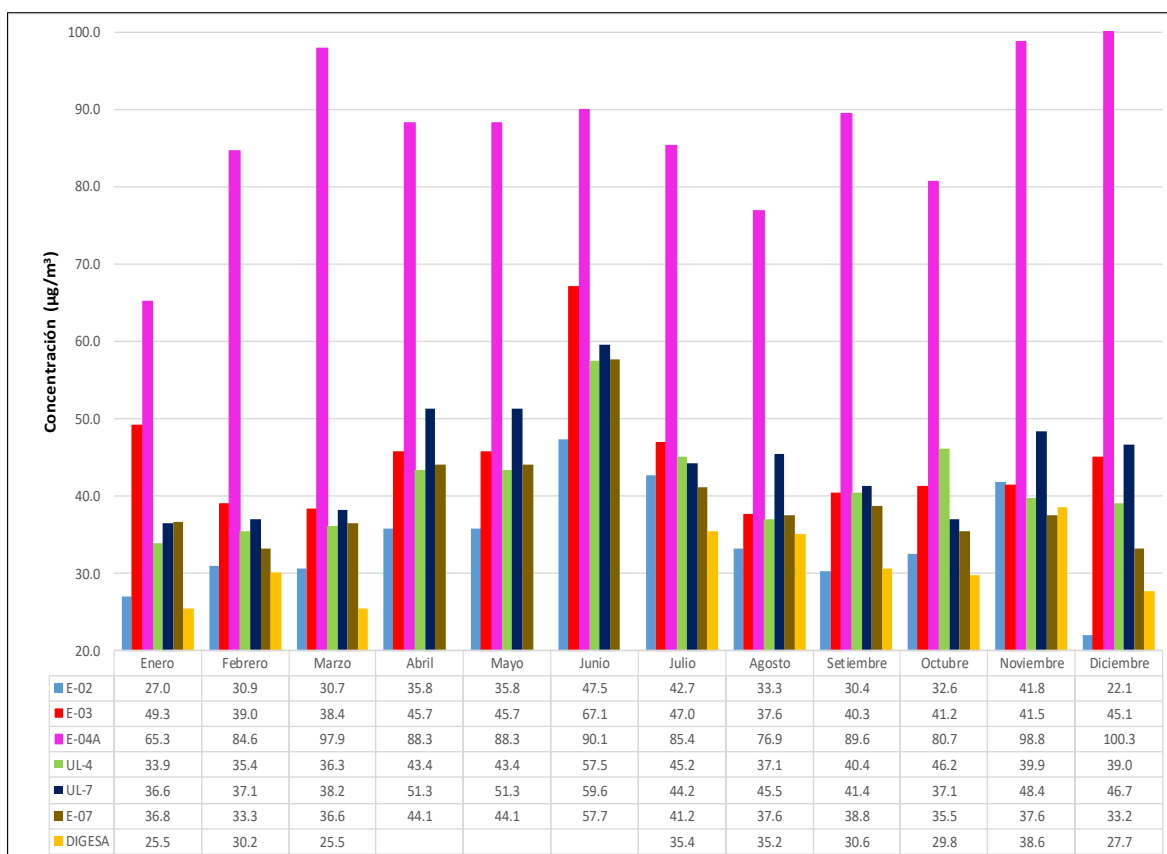


Figura 25: Concentración mensual de PM₁₀ de enero a diciembre del año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.3.3 Comportamiento anual de las concentraciones de PM₁₀ en el aire

Desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016, se registró que las concentraciones media anual de partículas PM₁₀ de las estaciones de monitoreo E-02, E-03, UL-4, UL-7 y E-07 con los valores de 34,2 µg/m³, 44,9 µg/m³, 41,2 µg/m³, 43,5 µg/m³ y 39,0 µg/m³ respectivamente, cumplieron con el estándar anual establecido en las normativas nacionales de calidad de aire del D.S. 074-2001-PCM y D.S. N°003-2017-MINAM cuyo estándar es de 50 µg/m³ para ambos casos; mientras que, la estación E-04A superó el estándar de la norma aplicada, con una concentración de 87,4 µg/m³.

La estación E-04A se encuentra en una zona de alta generación de polvo mencionado líneas arriba y a sotavento de los depósitos de minerales, por esta razón sus valores son los más altos en comparación con los demás puntos de monitoreo.

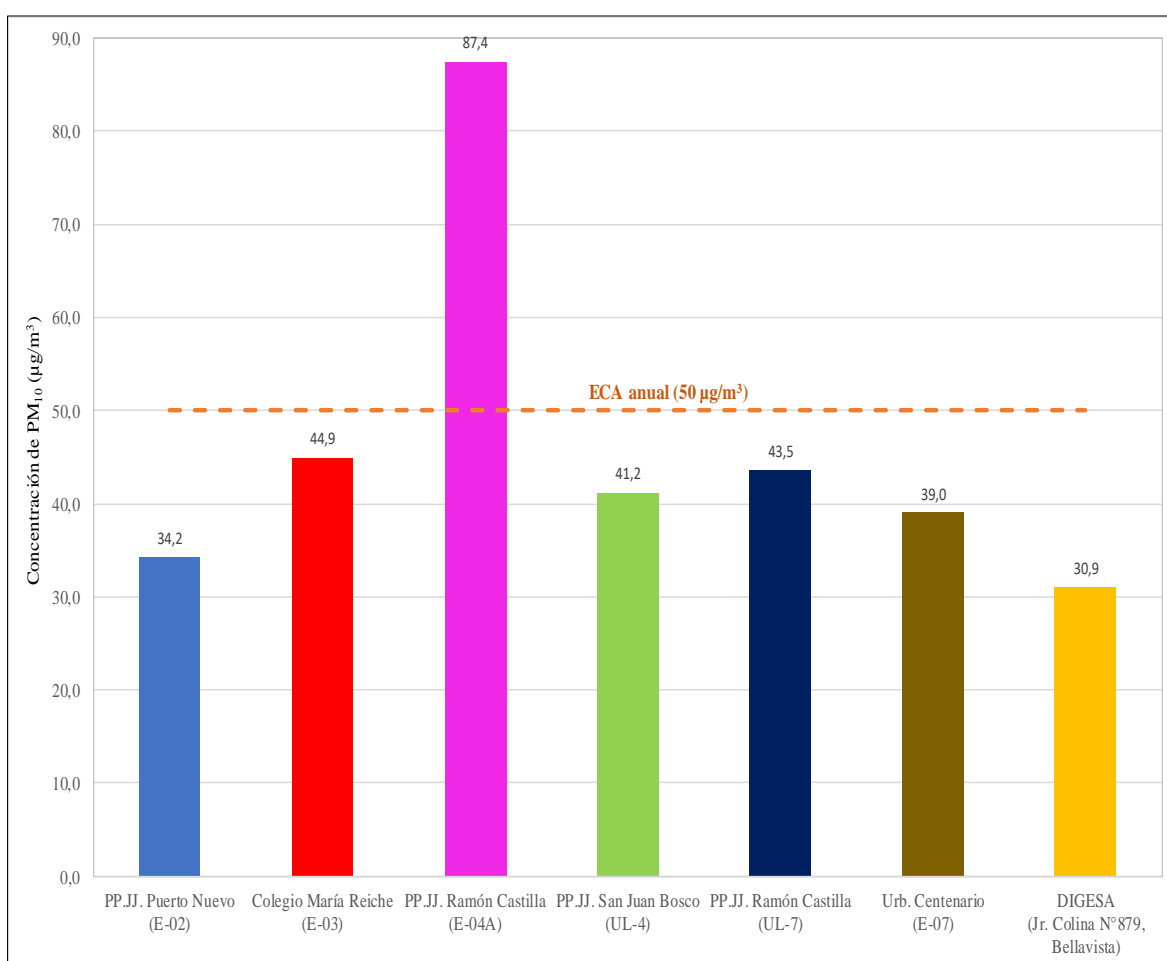


Figura 26: Concentración anual promedio de PM₁₀ en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.3.4 Comportamiento diario de la concentración de plomo en el aire

En la presente sección, se describen los resultados del monitoreo de calidad del aire muestreados en las estaciones E-02, E-03, E-04A, UL-4, UL-7 y E-07; representándolos en gráficos los valores de las concentraciones de plomo en PM_{10} , desde el 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016.

a. Estación E-02 y E-03:

Según la figura se observa que, pese a la cercanía de las estaciones E-02 y E-03, tienen una clara diferencia de concentraciones promedios diarios de plomo en PM_{10} ; y que los valores del punto E-02 no sobrepasaron los $0,1 \mu g/m^3$ en ningún día del año 2016. Además, se evidencia que la estación E-03 tiene un amplio rango de valores, desde los $0,005 \mu g/m^3$ hasta los $0,711 \mu g/m^3$; esta variación diaria se caracteriza por presentar una tendencia elevada los meses de enero, mayo, junio, julio y noviembre.

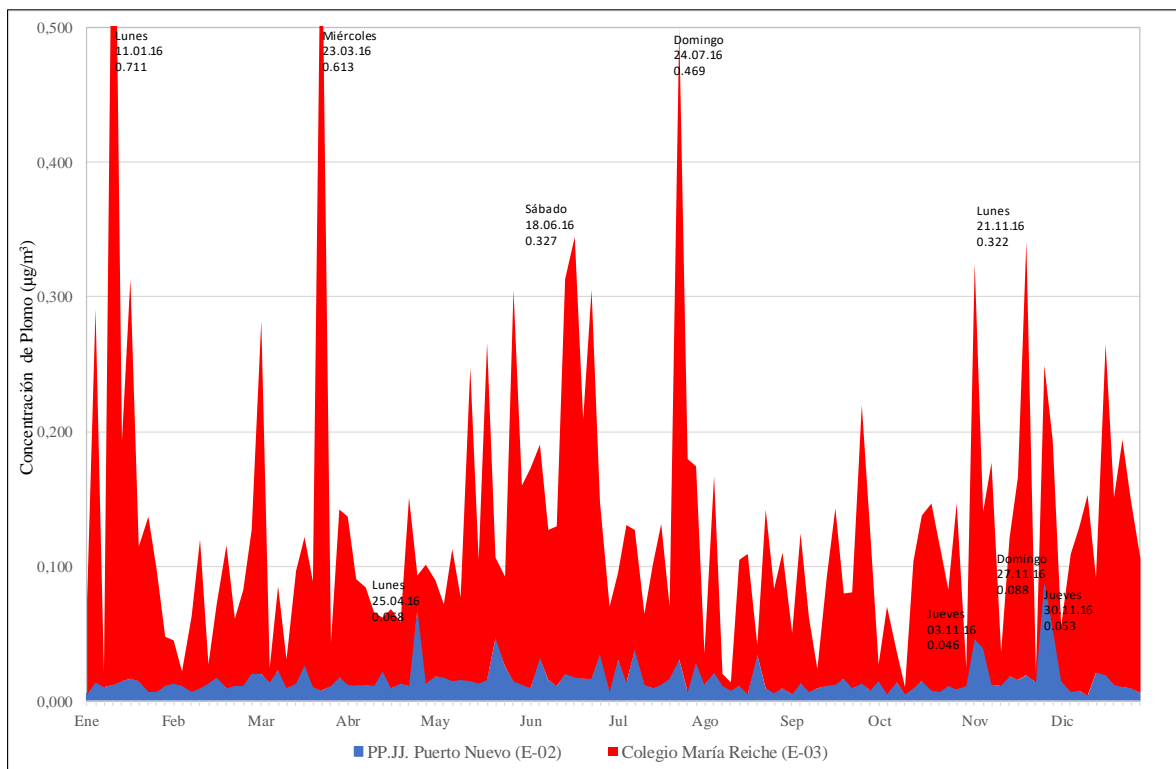


Figura 27: Concentraciones diarias de plomo en las estaciones E-02 y E-03 en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

b. Estación E-04A y UL-7:

Según la figura se observa una clara diferencia de las concentraciones de promedios diarios de plomo en PM₁₀ de las estaciones E-04A y UL-7, ubicadas ambas en el PP.JJ. Ramón Castilla y distanciadas 450 metros aproximadamente. La estación E-04A tienen un amplio rango de valores, desde los 0,007 µg/m³ hasta los 0,592 µg/m³; esta variación diaria se caracteriza por presentar una tendencia elevada los meses de enero, mayo, junio y noviembre.

Con respecto al punto UL-7 ningún valor sobrepasa los 0,1 µg/m³, a excepción de los días 28 de mayo y 7 de octubre en donde alcanzaron valores de 0,115 µg/m³ y 0,111 µg/m³ respectivamente. Además, esta variación diaria se caracteriza por presentar una tendencia elevada los meses de mayo, junio, julio y diciembre.

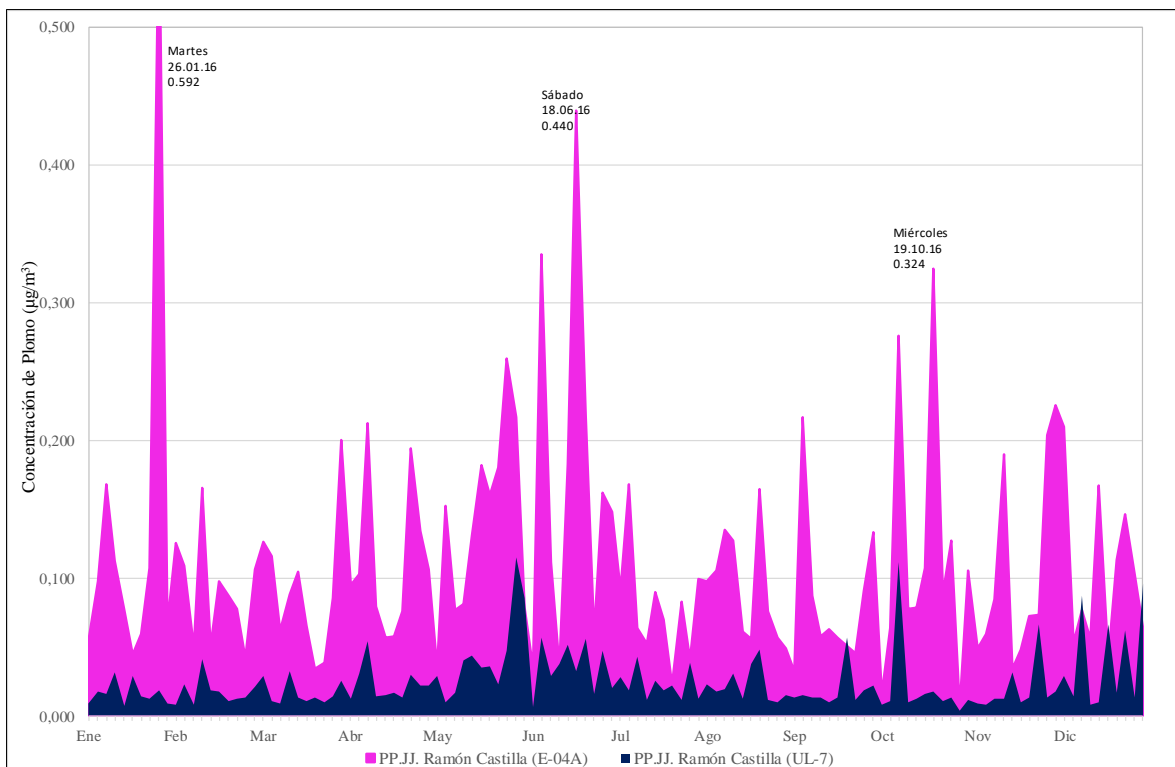


Figura 28: Concentraciones diarias de plomo en PM₁₀ en las estaciones E-04A y UL-7 en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

c. Estación UL-4 y E-07:

En la siguiente figura se muestra las concentraciones de promedios diarios de plomo en PM_{10} de las estaciones UL-4 y E-07, ubicadas en el PP.JJ. San Juan Bosco y la Urb. Centenario, distanciadas 800 metros aproximadamente y ambas ubicadas a barlovento de los depósitos de minerales.

Se observa que las concentraciones de promedios diarios de plomo en PM_{10} en la estación UL-4 alcanzan tres valores atípicos de $0,262 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,338 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $0,438 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los meses de marzo, junio y diciembre respectivamente. Esta variación diaria se caracteriza por presentar una tendencia elevada los meses de marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre del año 2016.

Con respecto al punto E-07 ningún valor sobrepasa los $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a excepción del día 06 de junio en donde se alcanzó un valor de $0,148 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Además, esta variación diaria se caracteriza por presentar una tendencia elevada los meses de mayo, junio y julio.

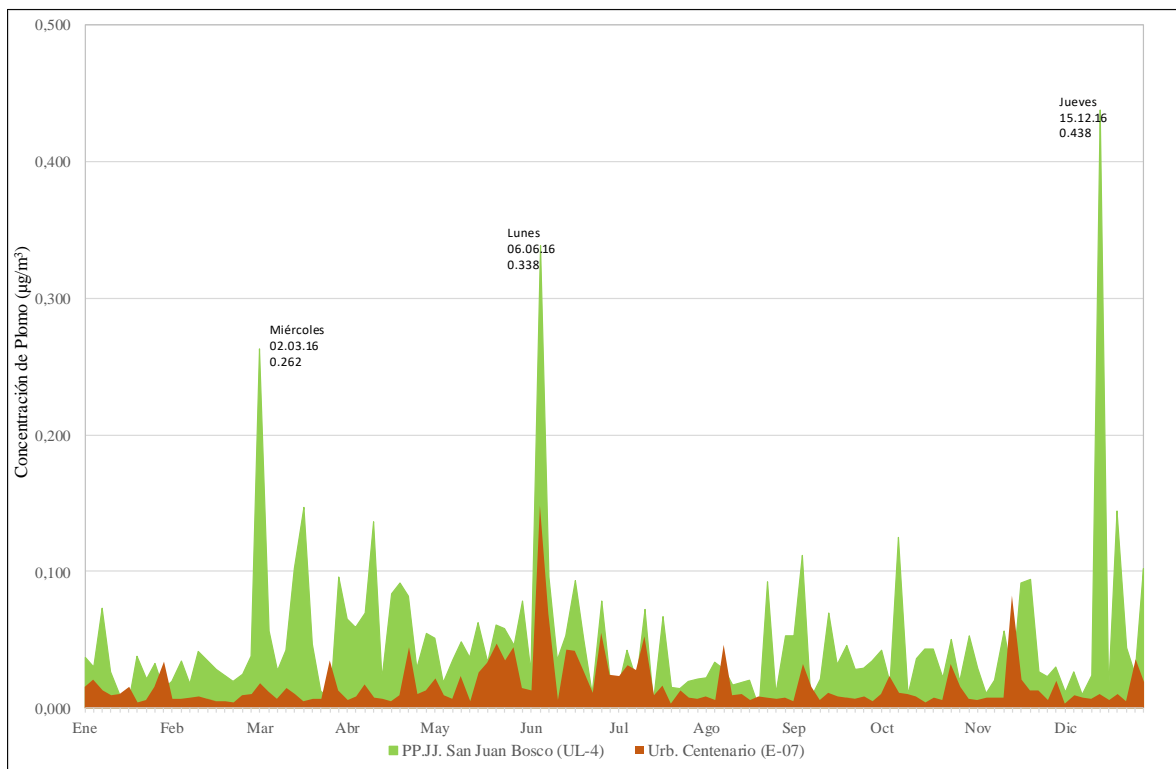


Figura 29: Concentraciones diarias de plomo en las estaciones UL-4 y E-07 en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

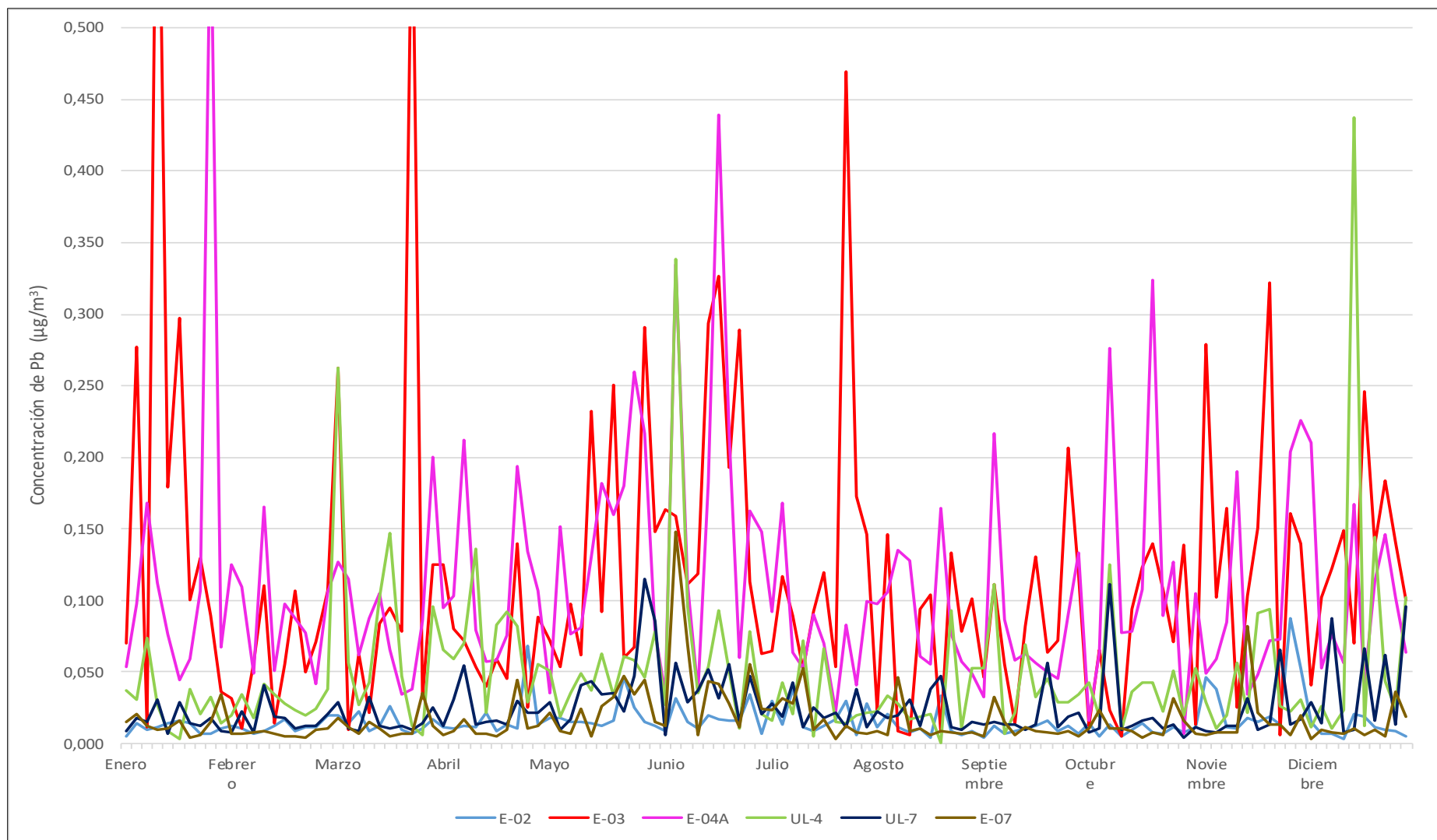


Figura 30: Comportamiento mensual de las concentraciones diarias de plomo en todas las estaciones en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.3.5 Comportamiento mensual de la concentración de plomo en el aire

En la figura se observa que los valores de las concentraciones de plomo en PM₁₀ de todas las estaciones de monitoreo están muy por debajo de los estándares mensuales establecido en las normativas nacionales de calidad de aire del DS. 074-2001-PCM y DS. N°003-2017-MINAM cuyo estándar es de 1,5 µg/m³ para ambos casos. Pese a ello también se observa que los valores más elevados fueron los de la estación que más cerca se encuentra de los depósitos de minerales y en donde hay más polución como las estaciones E-03 y E-04A respectivamente.

La estación E-03 registró concentraciones de plomo en PM₁₀ muy por debajo del estándar nacional mensual de 1,5 µg/m³, ya que las máximas concentraciones medias alcanzadas fueron de 0,190 µg/m³, 0,138 µg/m³, 0,183 µg/m³ y 0,145 µg/m³ en los meses de enero, marzo, junio y noviembre respectivamente. Cabe resaltar que esta estación está ubicada en el centro educativo María Reiche, es la más cercana a los depósitos y por sus calles aledañas circulan camiones con carga de minerales.

La estación E-04A registró concentraciones de plomo en PM₁₀ muy por debajo del estándar nacional mensual de 1,5 µg/m³, ya que las máximas concentraciones medias alcanzadas fueron de 0,138 µg/m³, 0,141 µg/m³ y 0,173 µg/m³ en los meses de enero, mayo y junio respectivamente.

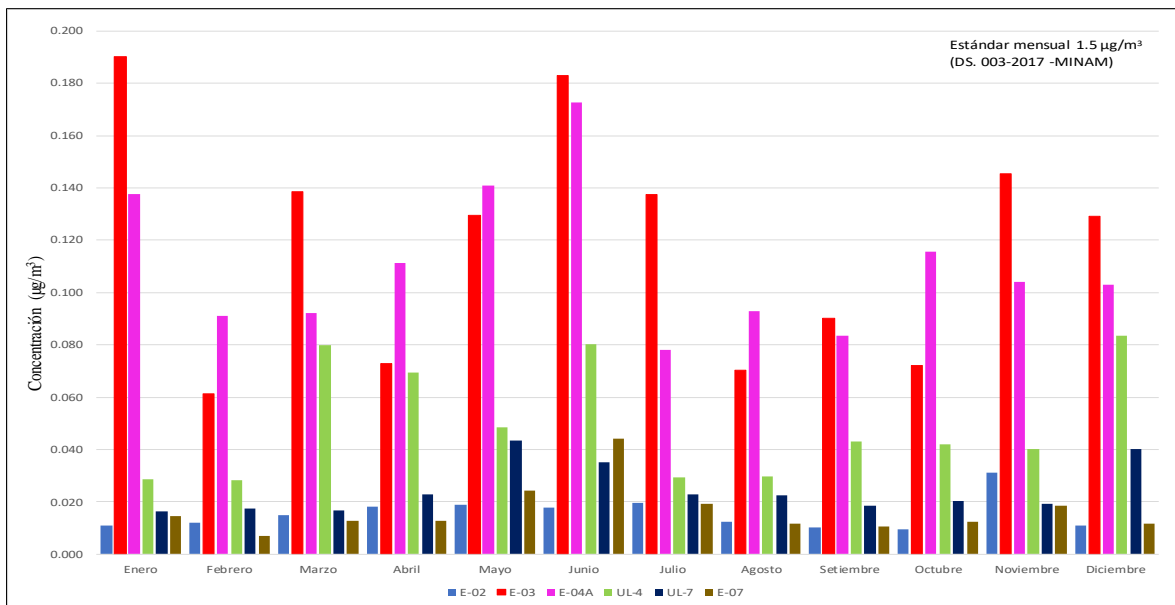


Figura 31: Concentración de Plomo mensual de enero a diciembre 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.3.6 Comportamiento anual de las Concentraciones de plomo en PM₁₀

Como se puede apreciar en la figura, existe una notable diferencia entre los niveles de concentración de plomo de las estaciones E-03 y E-04A con el resto de las estaciones, siendo estas dos estaciones las que mayor promedio anual presentaron durante todo el periodo de monitoreo con un valor de 0,118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 0,110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; pese a ello estos valores son inferiores a los estándares anuales de calidad de aire de los Decretos Supremos N°069-2003-PCM, N°003-2017-MINAM y lo indicado por la OMS cuyo estándares son de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las estaciones que E-02 y E-07 son los dos puntos en donde se obtuvieron una concentración anual inferior a las demás estaciones, con unos valores de 0,016 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 0,017 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, siendo dichos valores anuales inferiores al ECA anual para Plomo. Cabe resaltar que estas dos estaciones son las que se encuentran a barlovento de los depósitos de minerales y también la estación E-07 es la que se encuentra más distante.

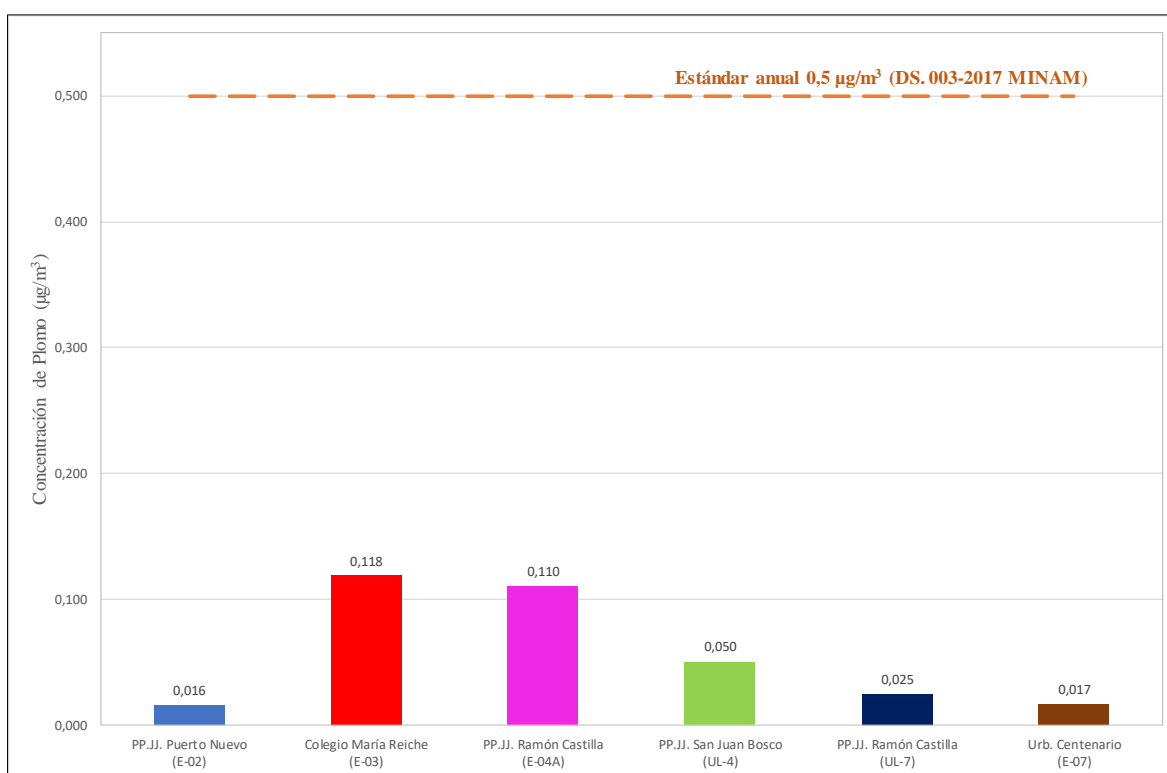


Figura 32: Concentración anual de Plomo del año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.4 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

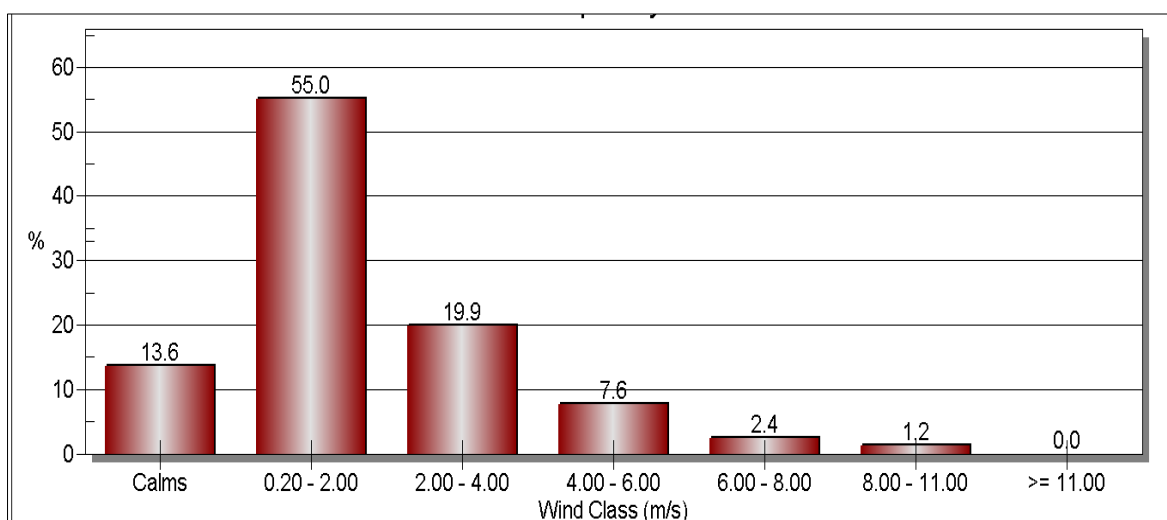
El análisis de los elementos meteorológicos ha sido realizado considerando la información registrada durante todos los días del Año 2016, la estación meteorológica se encuentra ubicada en el punto E-04A ubicado en el PP.JJ. Ramón Castilla en la calle Chota N° 101 block K-21 muy cerca del cruce de las Avenidas Néstor Gambetta y Atalaya.

Se consideraron los datos de las variables: Velocidad del viento, dirección, temperatura del aire y humedad relativa, estas variables poseen un alto grado de importancia para la descripción del área, debido a que las mismas pueden influir en las reacciones de sinergismo de los diversos elementos contaminantes presentes en el área de estudio.

4.4.1 Velocidad del viento

De acuerdo a la escala anemométrica de Beaufort, el mayor porcentaje de la velocidad del viento se denomina ventolina con velocidades entre 0,2 m/s a 2,0 m/s con un total de 55,0 por ciento como se observa en el siguiente cuadro. También se observa presencia de vientos calma en un 13,6 por ciento del total de registros.

Tabla 12: Distribución de frecuencia de las velocidades del viento



FUENTE: Elaboración propia

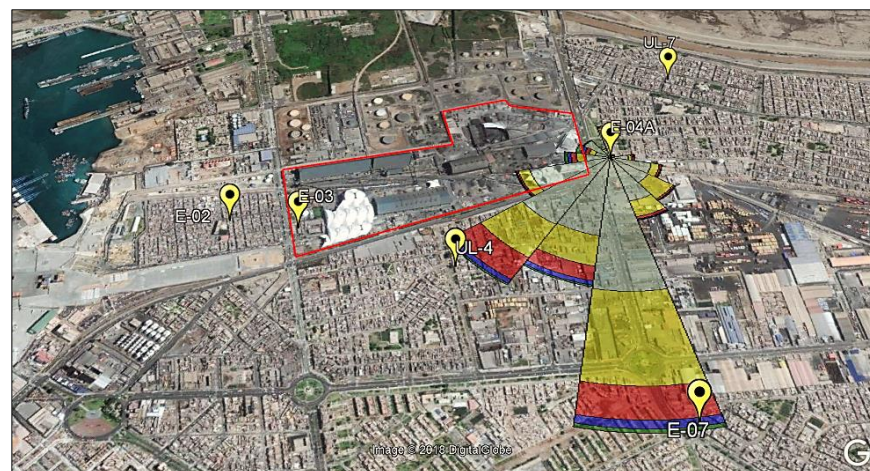
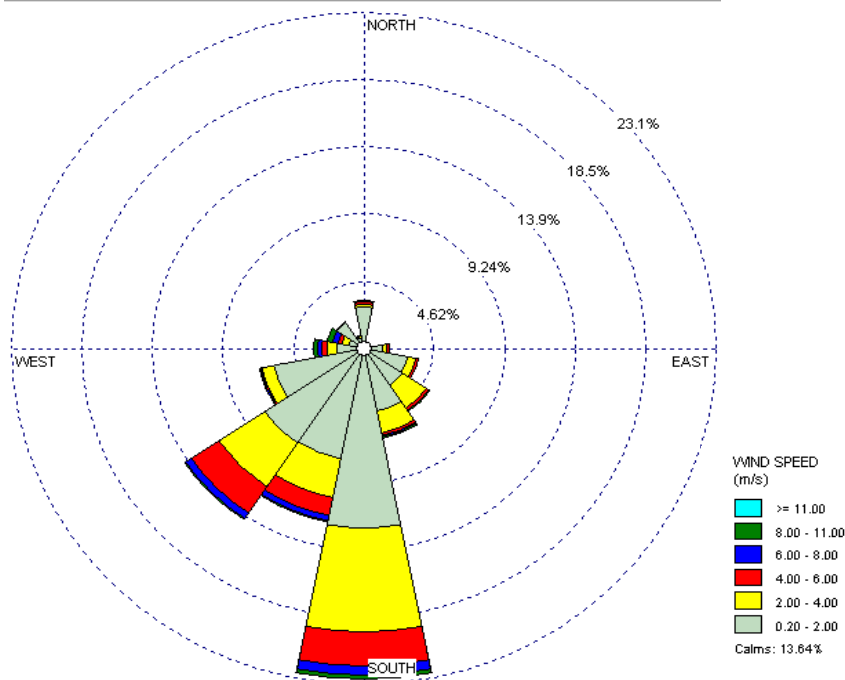
Tabla 13: Velocidad y Dirección del viento en el año 2016

ROSA DE VIENTOS

Estación: E-04A (PP.JJ. Ramón Castilla)

Fecha de inicio de monitoreo: 01.01.16

Fecha de fin de monitoreo: 31.12.16



Coordenadas UTM WGS84

Norte 8667711 Zona 18 L
 Este 0268555 Altitud 17 m.s.n.m.

Variables Meteorológicas			Min	Prom	Max
Temperatura del aire (°C)			15,6	20,6	30,2
Humedad Relativa (%)			61,0	86,4	97,0
Velocidad del Viento (m/s)			0,0	1,8	9,7
Dirección Predominante del Viento			S y SW	Calma	13,64%

Rango (m/s)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Total (%)
0.2-2.0	2,91	0,23	0,31	0,26	1,26	2,93	3,04	4,42	12,31	7,70	7,86	6,00	1,79	1,09	2,13	0,79	55,01
2,0-4,0	0,17	0,02	0,07	0,06	0,26	0,57	1,90	1,48	7,12	2,70	3,53	0,83	0,64	0,43	0,02	0,11	19,91
4,0-6,0	0,16	0,02	0,01	0,00	0,15	0,15	0,14	0,23	2,35	1,26	2,22	0,13	0,40	0,31	0,06	0,05	7,62
6,0-8,0	0,11	0,00	0,01	0,00	0,05	0,06	0,08	0,08	0,58	0,38	0,41	0,08	0,25	0,30	0,01	0,00	2,39
8,0-11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,05	0,27	0,13	0,14	0,01	0,23	0,38	0,00	0,00	1,22
≥11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	3,36	0,27	0,40	0,32	1,73	3,70	5,17	6,25	22,62	12,16	14,15	7,05	3,30	2,51	2,22	0,95	86,15

4.4.2 Dirección del viento

Es necesario conocer la dirección de los vientos por su importancia como agente de transporte de polvo y/o probables elementos contaminantes. La estación meteorológica ha registrado durante el periodo 2016 vientos de predominancia Sur y Sureste en 22,62 por ciento y 14,15 por ciento respectivamente.

4.4.3 Temperatura del aire

La temperatura del aire media anual del año 2016 de la estación meteorológica ubicada en el punto E-04A es de 20,6°C. Las temperaturas máximas varían de 23,0°C durante el invierno (Junio - Agosto) hasta 30,2°C en el verano (Diciembre - Febrero), teniendo un rango de amplitud térmica estacional no mayor de 7,2°C. Las temperaturas mínimas varían de 15,6°C para el mes más frío y 18,4°C para los meses de verano. Su amplitud térmica estacional no excede los 2,8°C.

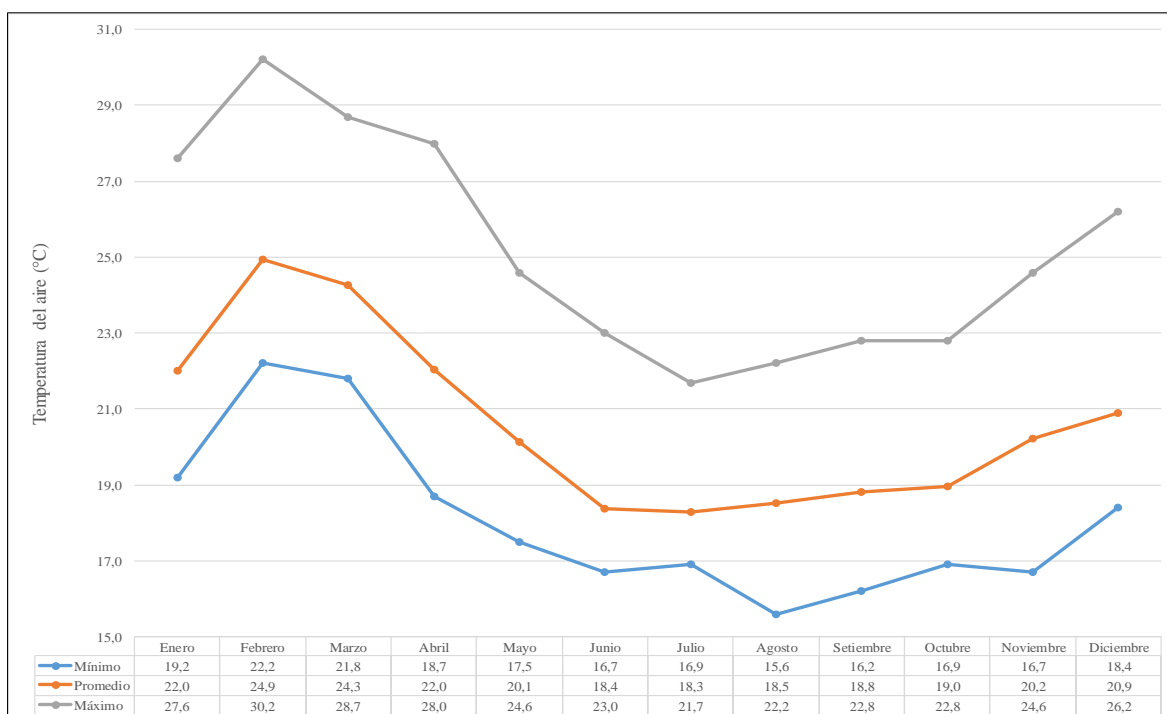


Figura 33: Variación mensual de la temperatura del aire en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.4.4 Humedad relativa

La humedad relativa es la expresión porcentual del vapor de agua presente en la atmósfera, además es una de las variables más importantes y de gran influencia sobre el medio ambiente costero. La humedad relativa media mensual presentan valores promedio más altos para los meses de abril a julio, entre 89,1 y 88,9 por ciento. Durante los meses de enero a marzo el porcentaje de humedad es casi constante, incrementándose progresivamente de abril a julio, para luego descender en diciembre.

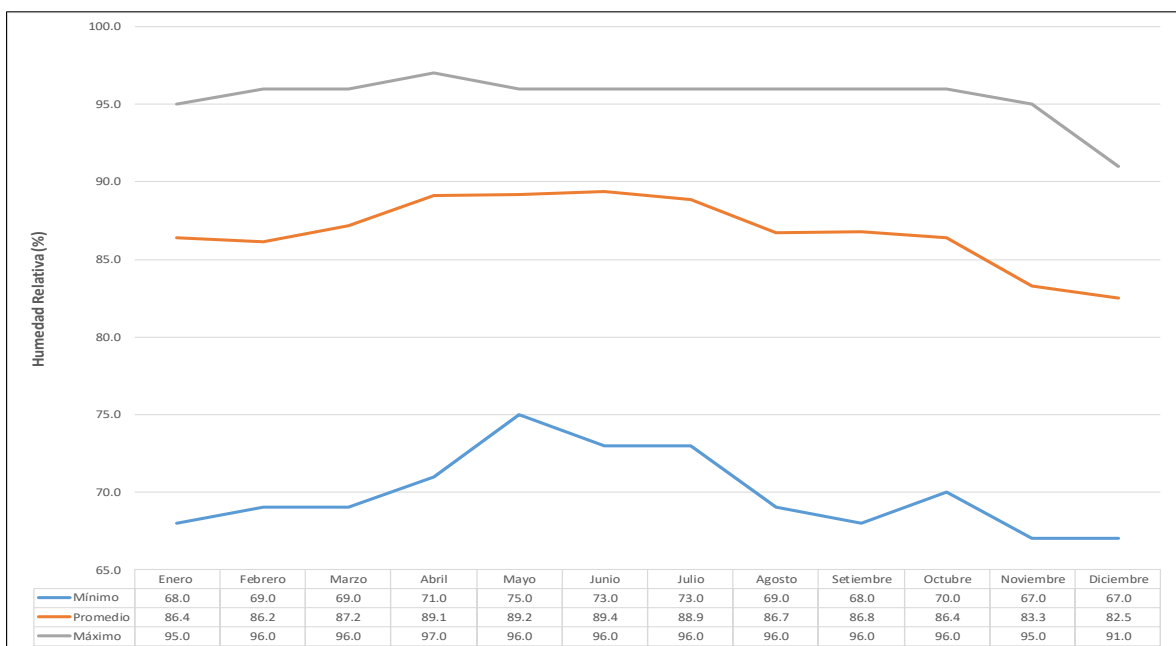


Figura 34: Variación mensual de la humedad relativa del aire en el año 2016

FUENTE: Elaboración propia

4.5 RELACIÓN ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀ Y PLOMO

A continuación, se presenta las relaciones lineales entre las concentraciones promedio mensuales de PM₁₀ y plomo a partir del mes de enero hasta diciembre del año 2016.

En el cuadro siguiente se observa que en las estaciones E-02, E-03, UL-7 y E-07 cumplen el criterio $F_{cal} > F_{tab}$, entonteces se rechaza la hipótesis planteada (H_0); por lo tanto, con un nivel de confianza del 95 por ciento hay suficiente evidencia estadística para concluir que

existe relación lineal entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo en las estaciones mencionadas.

Los coeficientes de correlación entre los valores de concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación E-02, E-03, UL-7 y E-07 son 69, 65, 68 y 91 por ciento respectivamente, es decir una correlación positiva moderada y alta. Las demás estaciones E-04A y UL-4 no cumplen con el criterio $F_{cal} > F_{tab}$, presentando correlación positiva baja con valores de 19 y 37 por ciento respectivamente.

Tabla 14: Relación mensual entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo

Punto de monitoreo	Ecuación de la regresión	Error	F _{cal}	F _{tab}	r	r ²
E-02	$[Pb] = 6 \times 10^{-4}[PM_{10}] + 5,024 \times 10^{-3}$	0,005	9,058	4,965	0,69	0,48
E-03	$[Pb] = 3,644 \times 10^{-3}[PM_{10}] - 4,495 \times 10^{-2}$	0,035	7,390	4,965	0,65	0,42
E-04A	$[Pb] = -5,25 \times 10^{-4}[PM_{10}] + 1,56 \times 10^{-1}$	0,029	0,362	4,965	0,19	0,03
UL-4	$[Pb] = 1,268 \times 10^{-3}[PM_{10}] - 2,327 \times 10^{-3}$	0,021	1,590	4,965	0,37	0,14
UL-7	$[Pb] = 9,054 \times 10^{-4}[PM_{10}] - 1,59 \times 10^{-2}$	0,007	8,664	4,965	0,68	0,46
E-07	$[Pb] = 1,329 \times 10^{-3}[PM_{10}] - 3,613 \times 10^{-2}$	0,004	49,864	4,965	0,91	0,83

FUENTE: Elaboración propia

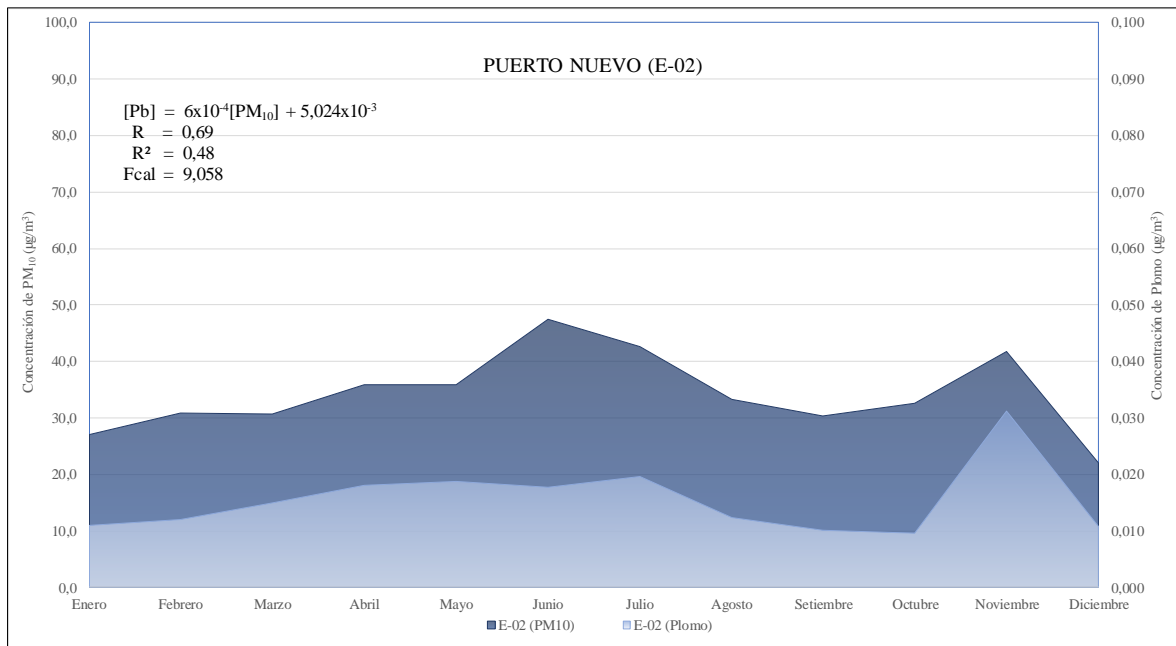


Figura 35: Relación mensual de las concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación E-02.

FUENTE: Elaboración propia

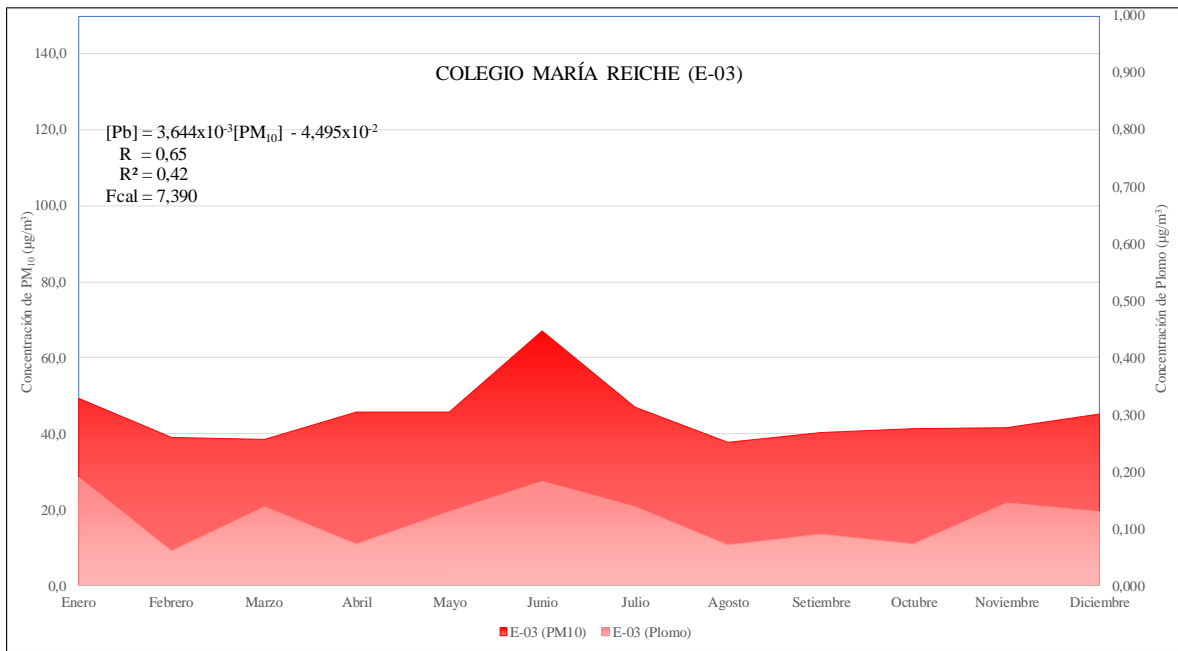


Figura 36: Relación mensual de las concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación E-03.

FUENTE: Elaboración propia

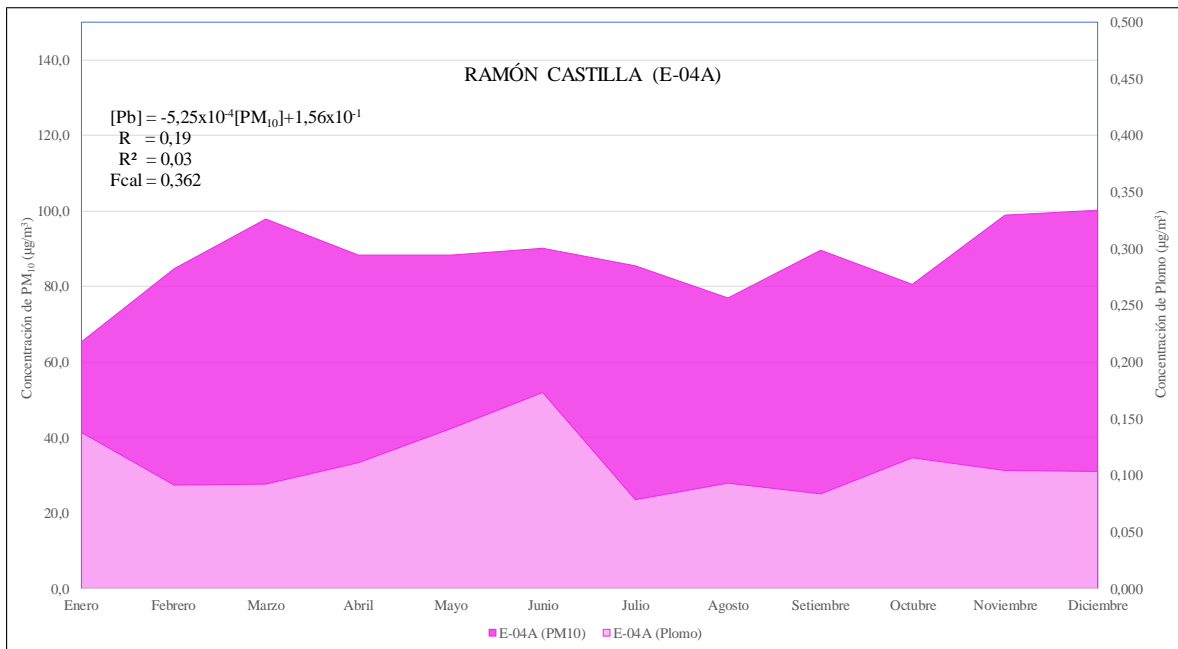


Figura 37: Relación mensual de las concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación E-04A.

FUENTE: Elaboración propia

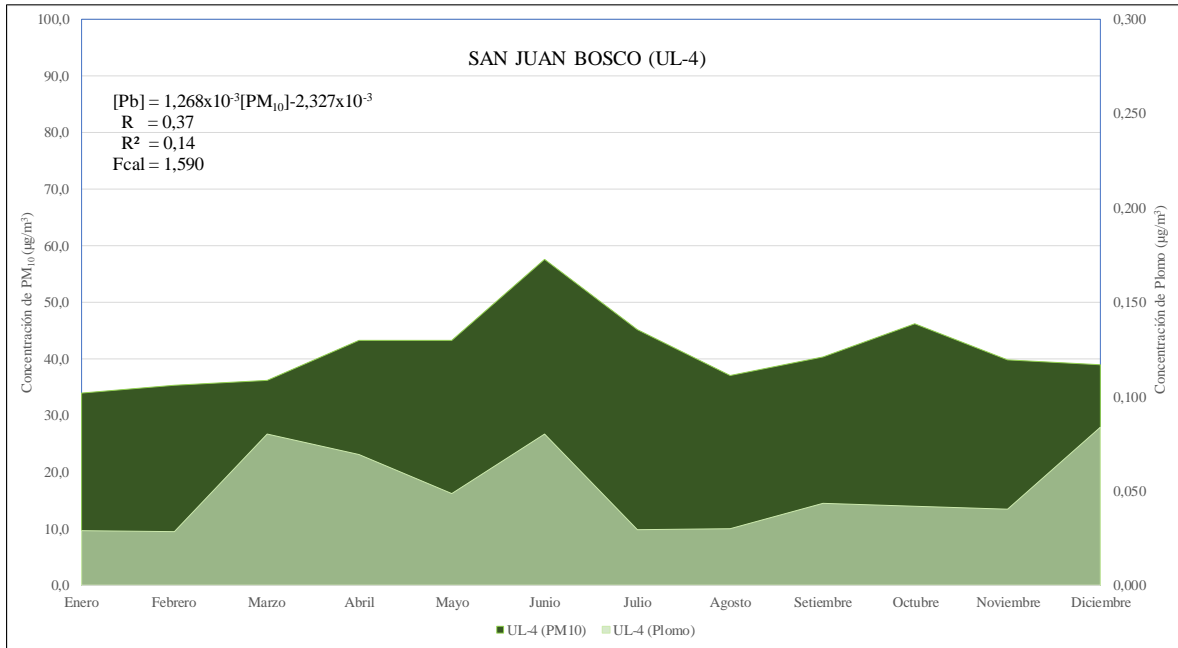


Figura 38: Relación mensual de las concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación UL-4.

FUENTE: Elaboración propia.

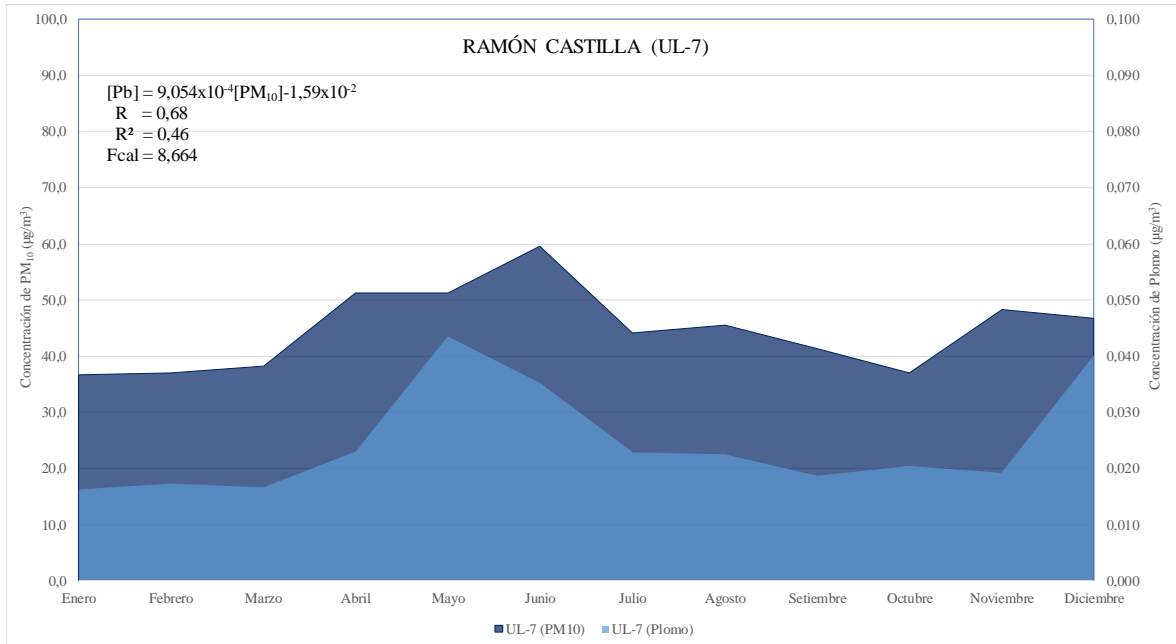


Figura 39: Relación mensual de las concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación UL-7.

FUENTE: Elaboración propia.

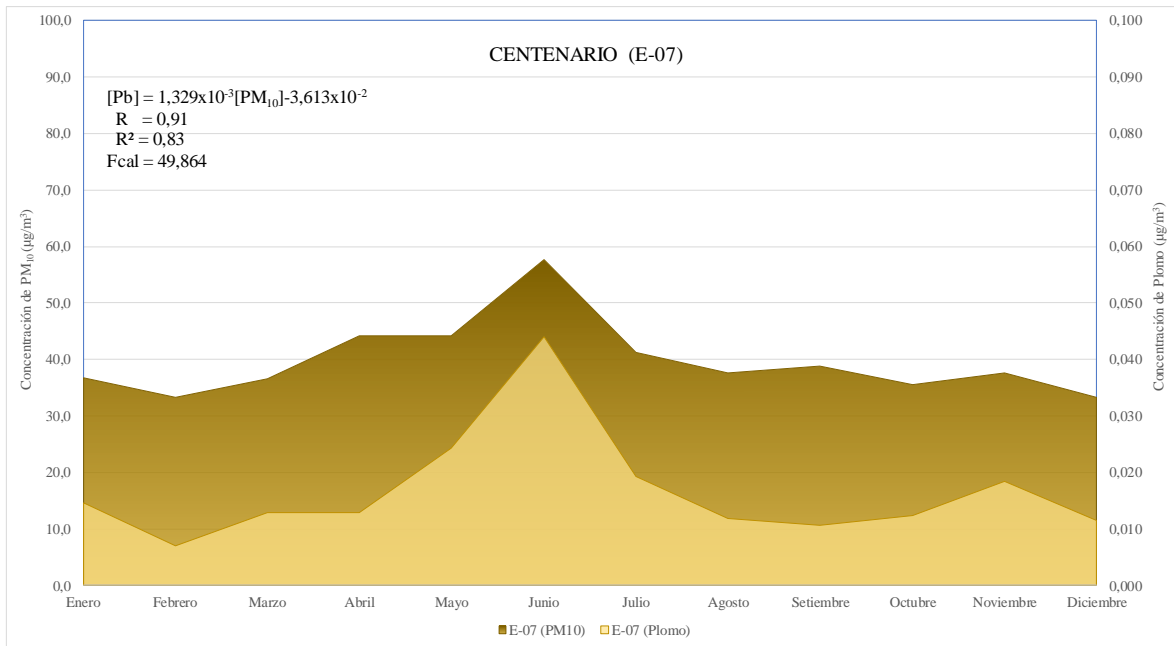


Figura 40: Relación mensual de las concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación E-07.

FUENTE: Elaboración propia

4.5.1 Enero-febrero-marzo

A continuación, se presenta las relaciones lineales entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo a partir del día 02 de enero hasta el 29 de marzo del año 2016.

En el cuadro siguiente se observa que en las estaciones E-02, UL-4 y UL-7 cumplen el criterio $F_{cal} > F_{tab}$, entonteces se rechaza la hipótesis planteada (H_0); por lo tanto, con un nivel de confianza del 95 por ciento hay suficiente evidencia estadística para concluir que existe relación lineal entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo en cada una de las estaciones de monitoreo.

Los coeficientes de correlación entre los valores de concentraciones de PM₁₀ y plomo en la estación E-02, UL-4 y UL-7 son 57,5, 48,3, y 50,0 por ciento respectivamente, es decir una correlación positiva moderada. Las demás estaciones E-03, E-04A, y E-07 no cumple con el criterio $F_{cal} > F_{tab}$, presentando correlación positiva baja con valores de 34,2, 8,5 y 14,2 por ciento respectivamente.

Tabla 15: Relaciones entre las variables de concentraciones diarias de PM₁₀ y plomo (enero-febrero-marzo)

Punto de monitoreo	Ecuación de la regresión	Error	Fcal	Ftab	r	r ²
E-02	$[Pb]=6,26 \times 10^{-4}[PM_{10}]-5,89 \times 10^{-3}$	0,004	13,812	4,196	0,57	0,33
E-03	$[Pb]=3,52 \times 10^{-3}[PM_{10}]-2,89 \times 10^{-2}$	0,156	3,709	4,196	0,34	0,12
E-04A	$[Pb]=3,11 \times 10^{-4}[PM_{10}]+8,19 \times 10^{-2}$	0,101	0,205	4,196	0,09	0,01
UL-4	$[Pb]=3,60 \times 10^{-3}[PM_{10}]-8,44 \times 10^{-2}$	0,046	8,529	4,196	0,48	0,23
UL-7	$[Pb]=8,46 \times 10^{-4}[PM_{10}]-1,42 \times 10^{-2}$	0,008	9,316	4,196	0,50	0,25
E-07	$[Pb]=1,24 \times 10^{-4}[PM_{10}]+7,16 \times 10^{-3}$	0,008	0,577	4,196	0,14	0,02

FUENTE: Elaboración propia

4.5.2 Junio-julio-agosto

A continuación, se presenta las relaciones lineales entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo a partir del día 03 de junio hasta el 29 de agosto del año 2016.

En el cuadro siguiente se observa que en las estaciones E-02, E-04A, UL-4, UL-7 y E-07 cumplen el criterio $F_{cal} > F_{tab}$, entonces se rechaza la hipótesis planteada (H₀); por lo tanto, con un nivel de confianza del 95 por ciento hay suficiente evidencia estadística para concluir que existe relación lineal entre las concentraciones de PM₁₀ y plomo en cada una de las estaciones de monitoreo mencionadas. Siendo sus coeficientes de correlación de 46,3, 52,5, 60,7, 60,0 y 81,8 por ciento respectivamente, es decir una correlación positiva moderada.

Por otro lado, la estación E-07 es la estación que más alejada se encuentra de los depósitos de minerales ubicada al lado Sur y con menor influencia de las actividades de los depósitos, presentó los mayores coeficientes de correlación y determinación, con un valor de “r” igual a 81,8 por ciento pudiendo afirmar que hay una correlación positiva moderada y un valor de “r²” igual a 0,669 lo que significa que un 66,9 por ciento de la variación de los datos de concentración de plomo es explicado por la regresión lineal.

Tabla 16: Relaciones entre las variables de concentraciones diarias de PM₁₀ y plomo (junio-julio-agosto)

Punto de monitoreo	Ecuación de la regresión	Error	Fcal	Ftab	r	r ²
E-02	[Pb]=3,33x10 ⁻⁴ [PM ₁₀]+2,84x10 ⁻³	0,01	7,658	4,196	0,46	0,21
E-03	[Pb]=1,62x10 ⁻³ [PM ₁₀]+4,82x10 ⁻²	0,10	2,702	4,196	0,30	0,09
E-04A	[Pb]=2,05x10 ⁻³ [PM ₁₀]-5,79x10 ⁻²	0,08	10,659	4,196	0,53	0,28
UL-4	[Pb]=2,41x10 ⁻³ [PM ₁₀]-6,62x10 ⁻²	0,05	16,365	4,196	0,61	0,37
UL-7	[Pb]=5,87x10 ⁻⁴ [PM ₁₀]-2,45x10 ⁻³	0,01	20,523	4,196	0,65	0,42
E-07	[Pb]=1,43x10 ⁻³ [PM ₁₀]-4,02x10 ⁻²	0,02	56,607	4,196	0,82	0,67

FUENTE: Elaboración propia

4.6 RELACIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS Y LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

A continuación, se presenta las relaciones lineales entre las concentraciones mensuales promedio de PM₁₀ y las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad y velocidad del viento a partir del día 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016.

En el cuadro siguiente se observa que, a excepción del punto E-07, todas las estaciones no cumplen con el criterio $F_{cal} > F_{tab}$, entonteces se acepta la hipótesis planteada (H₀); por lo tanto, con un nivel de confianza del 95 por ciento hay suficiente evidencia estadística para concluir que no existe relación lineal múltiple entre las concentraciones mensuales de PM₁₀ y las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad y velocidad promedio. Pese a ello se puede evidenciar que existe un coeficiente de correlación moderada y alta para todas las estaciones de monitoreo excepto la E-03, siendo la temperatura del aire y la humedad relativa los mejores predictores.

Para la estación de monitoreo E-07 cumple el criterio $F_{cal} > F_{tab}$, entonteces se rechaza la hipótesis planteada (H₀); por lo tanto, con un nivel de confianza del 95 por ciento hay suficiente evidencia estadística para concluir que existe relación lineal múltiple entre las

concentraciones mensuales de PM₁₀ y las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad y velocidad promedio para dicha estación. Siendo el mejor predictor la variable meteorológica humedad relativa.

Tabla 17: Relación mensual entre las variables meteorológicas y la concentración PM₁₀

Punto de monitoreo	Ecuación de la regresión	Error	Fcal	Ftab	r	r ²
E-02	[PM ₁₀]= -0,878T+1,488H-1,977V-73,468	5,97	2,477	4,066	0,694	0,482
	[PM ₁₀]= -1,399T+63,061	6,62	2,550	4,965	0,451	0,203
	[PM ₁₀]= 1,653H-109,365	6,36	3,632	4,965	0,516	0,266
	[PM ₁₀]= -2,579V+38,741	6,85	1,749	4,965	0,386	0,149
E-03	[PM ₁₀]= -0,565T+1,349H-2,612V-56,123	7,53	1,411	4,066	0,101	0,346
	[PM ₁₀]= -1,151T+68,568	7,86	1,228	4,965	0,331	0,109
	[PM ₁₀]= 1,462H-82,204	7,61	1,985	4,965	0,407	0,166
	[PM ₁₀]= -3,010V+50,106	7,63	1,917	4,965	0,401	0,161
E-04A	[PM ₁₀]= 0,809T-1,190H-4,269V+181,411	9,86	1,022	4,066	0,526	0,277
	[PM ₁₀]= 0,410T+78,717	10,33	0,090	4,965	0,095	0,009
	[PM ₁₀]= -1,309H+200,946	9,92	0,936	4,965	0,293	0,086
	[PM ₁₀]= -3,717V+93,718	9,52	1,879	4,965	0,398	0,158
UL-4	[PM ₁₀]= -1,277T+1,214H-1,416V-35,144	4,95	3,489	4,066	0,753	0,567
	[PM ₁₀]= -1,674T+75,996	5,40	5,499	4,965	0,596	0,355
	[PM ₁₀]= 1,445H-84,102	5,83	3,304	4,965	0,498	0,248
	[PM ₁₀]= -2,270V+45,451	6,23	1,635	4,965	0,375	0,140
UL-7	[PM ₁₀]= -0,668T+0,892H-3,939V-11,990	5,57	3,379	4,066	0,748	0,559
	[PM ₁₀]= -1,364T+72,915	6,76	2,333	4,965	0,435	0,189
	[PM ₁₀]= 1,030H-44,735	7,11	1,127	4,965	0,318	0,101
	[PM ₁₀]= -4,392V+52,489	5,70	7,304	4,965	0,650	0,422
E-07	[PM ₁₀]= -0,601T+1,955H-2,268V-113,721	4,44	5,686	4,066	0,825	0,681
	[PM ₁₀]= -1,240T+65,293	6,37	2,169	4,965	0,422	0,178
	[PM ₁₀]= 2,073H-140,352	5,12	8,790	4,965	0,684	0,468
	[PM ₁₀]= -2,703V+44,464	6,35	2,231	4,965	0,427	0,182

FUENTE: Elaboración propia

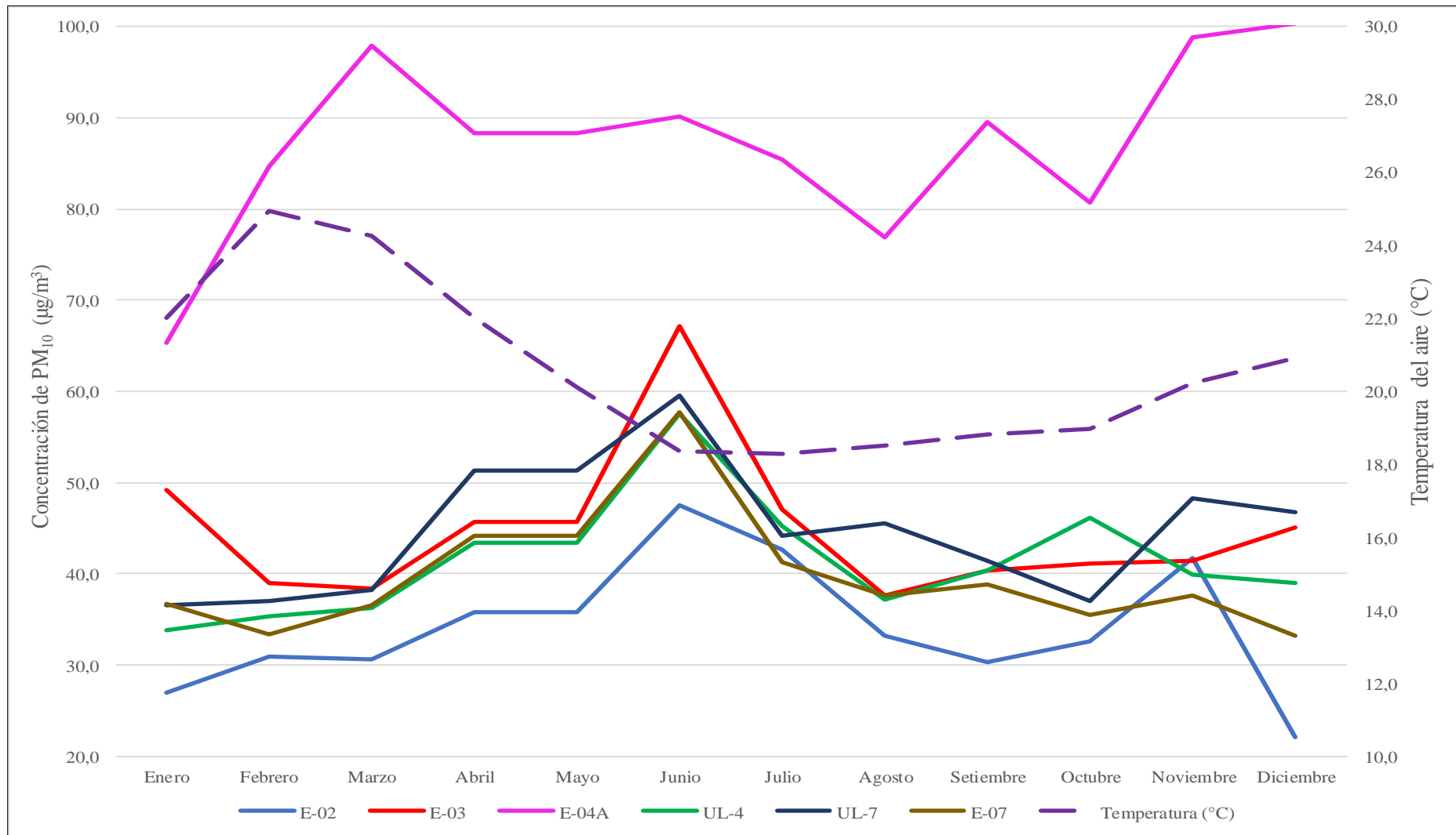


Figura 41: Relación mensual entre la temperatura del aire y la concentración de PM₁₀

FUENTE: Elaboración propia

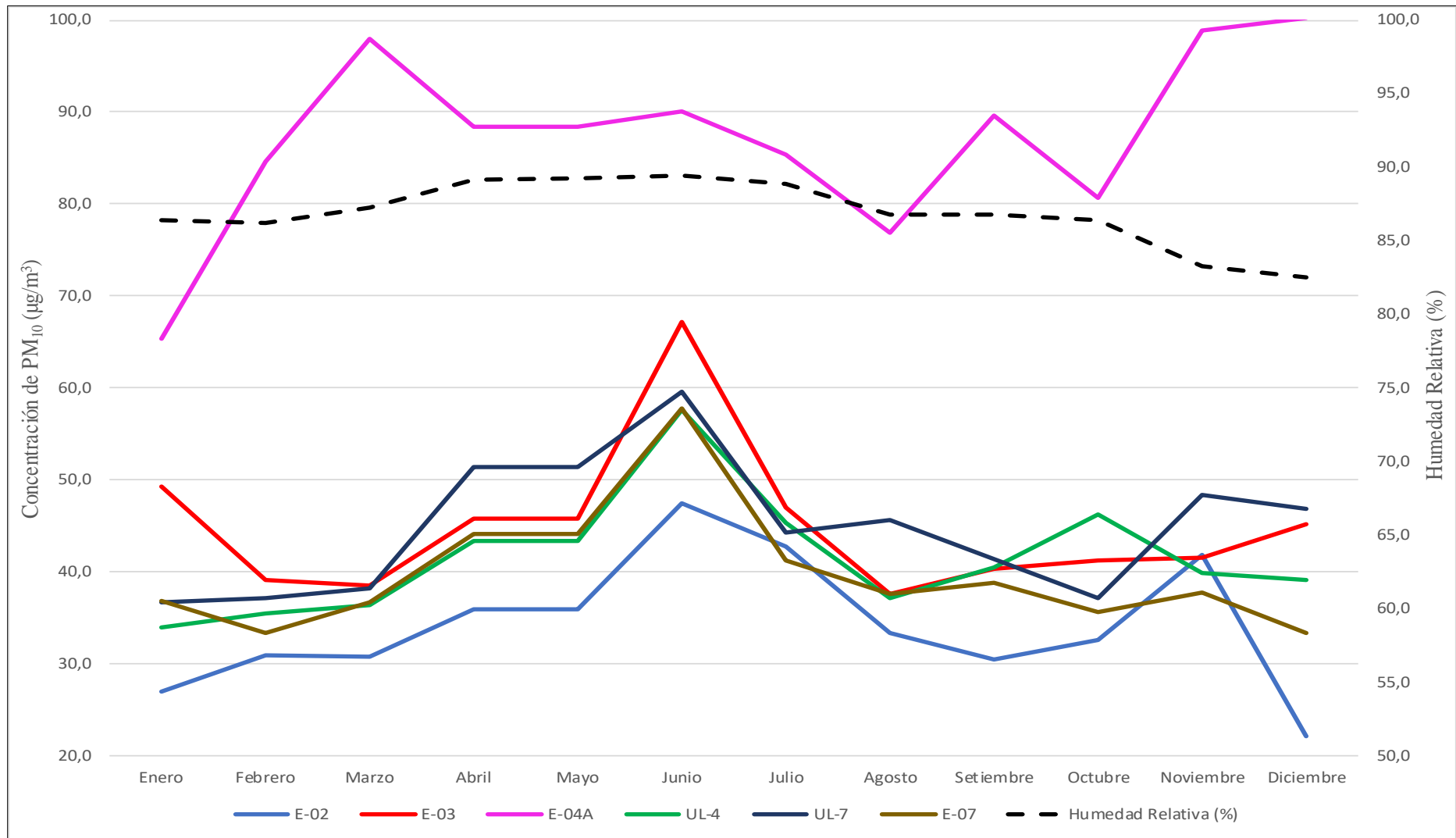


Figura 42: Relación mensual entre la humedad relativa y la concentración de PM₁₀

FUENTE: Elaboración propia

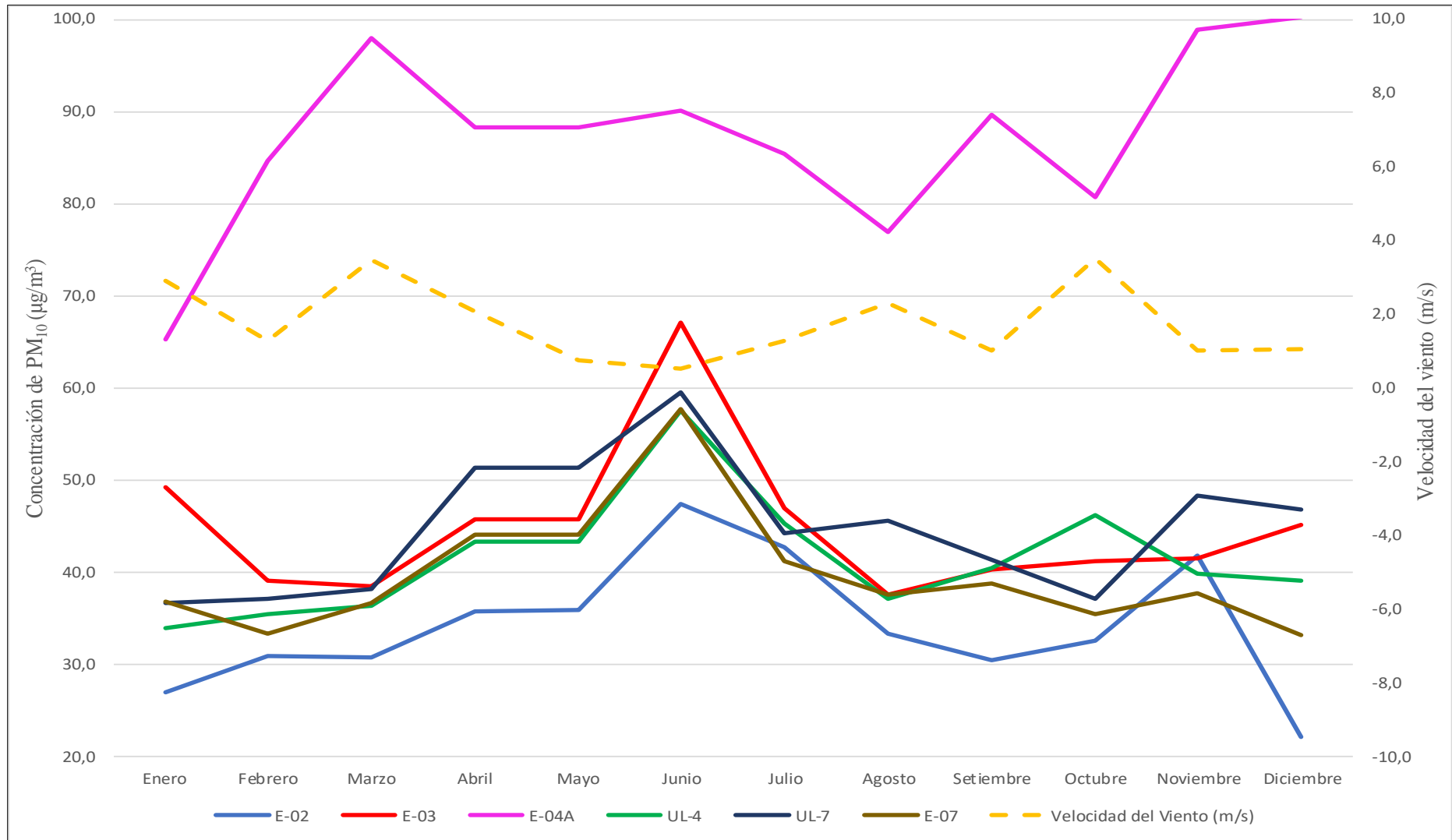


Figura 43: Relación mensual entre la velocidad del viento y la concentración de PM₁₀

FUENTE: Elaboración propia

4.7 RELACIÓN ENTRE LOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS Y LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO

A continuación, se presenta las relaciones lineales entre las concentraciones mensuales promedio de plomo y las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad y velocidad del viento a partir del día 02 de enero hasta el 30 de diciembre del año 2016.

En el cuadro siguiente se observa que no se cumple el criterio de $F_{cal} > F_{tab}$ en todas estaciones de monitoreo, entonces se acepta la hipótesis planteada (H_0); por lo tanto, con un nivel de confianza del 95 por ciento hay suficiente evidencia estadística para concluir que no existe relación lineal entre las concentraciones promedio mensuales de Plomo y las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad y velocidad promedio. Pese a ello se logra apreciar coeficientes de correlaciones moderados con las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento, en las estaciones UL-7 y E-07.

Tabla 18: Relación mensual entre las variables meteorológicas y la concentración de Plomo

Punto de monitoreo	Ecuación de la regresión	Error	Fcal	Ftab	r	r ²
E-02	$[Pb] = 1,547 \times 10^{-5}T - 2,347 \times 10^{-5}H - 2,307 \times 10^{-3}V + 0,02129$	0,007	0,491	4,066	0,394	0,156
	$[Pb] = -3,021 \times 10^{-4}T + 0,02175$	0,006	0,126	4,965	0,112	0,012
	$[Pb] = -1,38206 \times 10^{-5}H + 0,01672$	0,006	0,000	4,965	0,005	0,000
	$[Pb] = -2,297 \times 10^{-3}V + 0,01955$	0,006	1,840	4,965	0,394	0,155
E-03	$[Pb] = -1,038 \times 10^{-3}T + 2,763 \times 10^{-4}H - 6,333 \times 10^{-3}V + 0,12692$	0,051	0,085	4,066	0,176	0,031
	$[Pb] = -1,967 \times 10^{-3}T + 0,15893$	0,046	0,103	4,965	0,101	0,010
	$[Pb] = 4,927 \times 10^{-4}H + 0,07558$	0,047	0,006	4,965	0,025	0,001
	$[Pb] = -7,011 \times 10^{-3}V + 0,13069$	0,046	0,287	4,965	0,167	0,028
E-04A	$[Pb] = -8,283 \times 10^{-4}T + 3,915 \times 10^{-3}H - 3,699 \times 10^{-3}V - 0,20620$	0,030	0,418	4,066	0,368	0,135
	$[Pb] = -1,989 \times 10^{-3}T + 0,15128$	0,029	0,274	4,965	0,163	0,027
	$[Pb] = 4,081 \times 10^{-3}H - 0,24413$	0,028	1,177	4,965	0,325	0,105
	$[Pb] = -4,327 \times 10^{-3}V + 0,11786$	0,028	0,279	4,965	0,165	0,027

... <<continuación>>

Punto de monitoreo	Ecuación de la regresión	Error	Fcal	Ftab	r	r ²
UL-4	[Pb]= 1,742x10 ⁻³ T+3,859x10 ⁻⁴ H- 2,680x10 ⁻³ V-0,01447	0,025	0,096	4,066	0,186	0,035
	[Pb]= 1,305x10 ⁻³ T+0,02333	0,023	0,187	4,965	0,136	0,018
	[Pb]= 9,432x10 ⁻⁵ H+0,04207	0,023	0,001	4,965	0,009	0,000
	[Pb]= -1,562x10 ⁻³ V+0,05301	0,023	0,057	4,965	0,075	0,006
UL-7	[Pb]= -6,049x10 ⁻⁴ T+3,199x10 ⁻⁴ H- 4,655x10 ⁻³ V+0,0175	0,009	1,403	4,066	0,587	0,345
	[Pb]= -1,306x10 ⁻³ T+0,0515	0,009	1,088	4,965	0,313	0,098
	[Pb]= 4,511x10 ⁻⁴ H-0,0145	0,010	0,111	4,965	0,105	0,011
	[Pb]= -5,054x10 ⁻³ V+0,0335	0,008	4,629	4,965	0,562	0,316
E-07	[Pb]= -1,131x10 ⁻³ T+1,819x10 ⁻³ H- 3,408x10 ⁻³ V-0,1120	0,008	2,418	4,066	0,690	0,476
	[Pb]= -1,906x10 ⁻³ T+0,0559	0,009	2,476	4,965	0,445	0,198
	[Pb]= 2,036x10 ⁻³ H-0,1602	0,009	2,702	4,965	0,461	0,213
	[Pb]= -4,182x10 ⁻³ V+0,0240	0,009	2,592	4,965	0,454	0,206

FUENTE: Elaboración propia

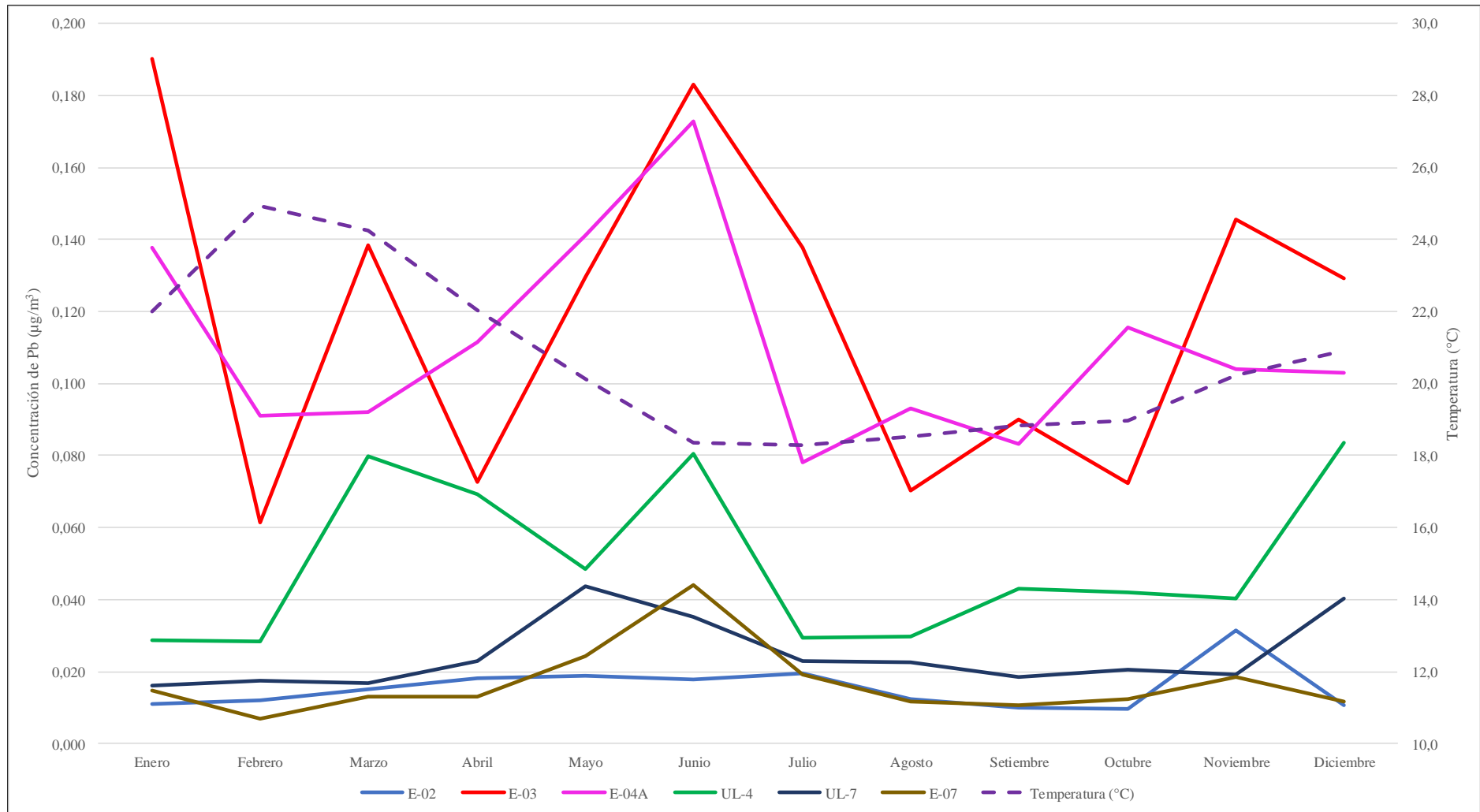


Figura 44: Relación mensual entre la temperatura del aire y la concentración de plomo

FUENTE: Elaboración propia

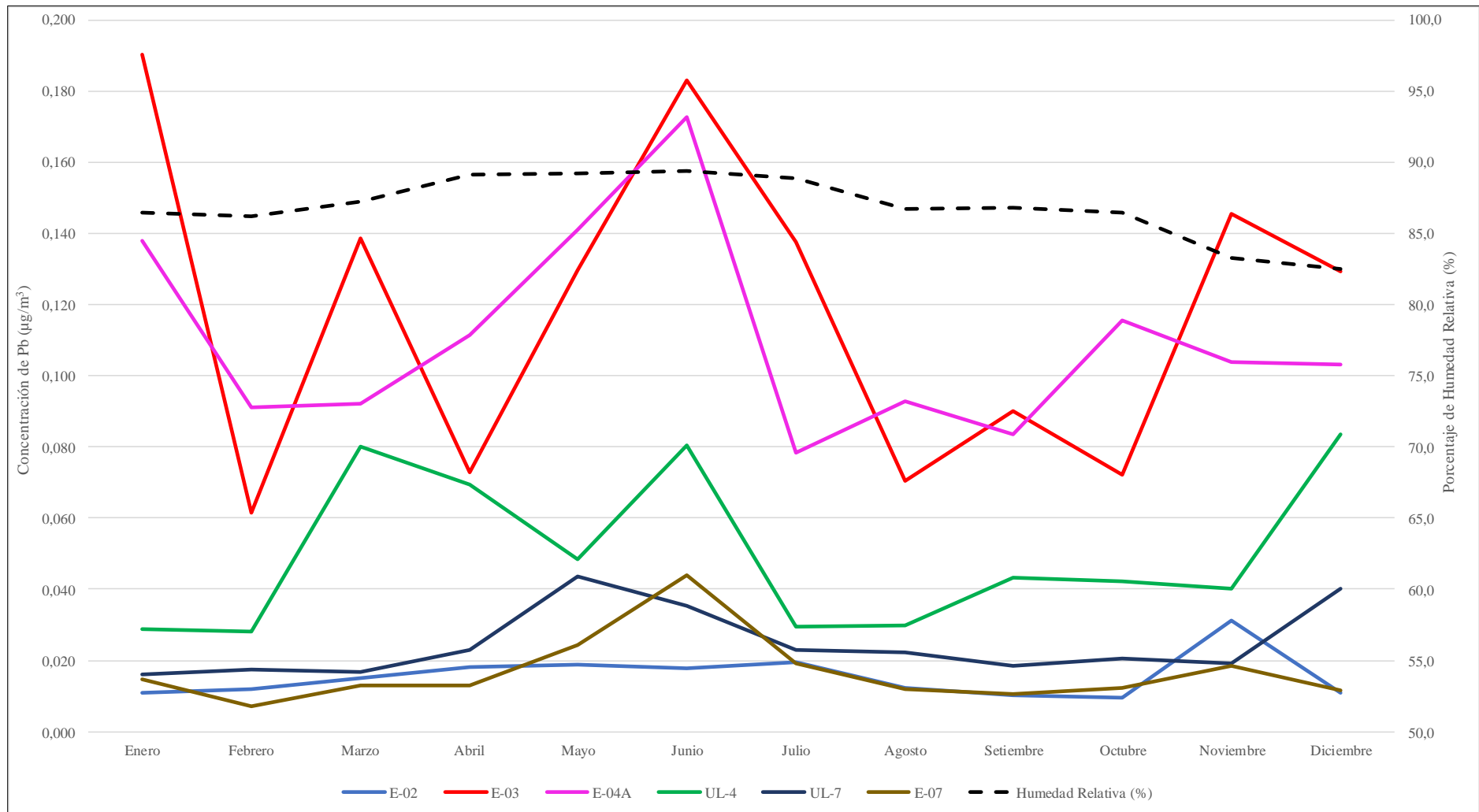


Figura 45: Relación mensual entre la humedad relativa y la concentración de plomo

FUENTE: Elaboración propia

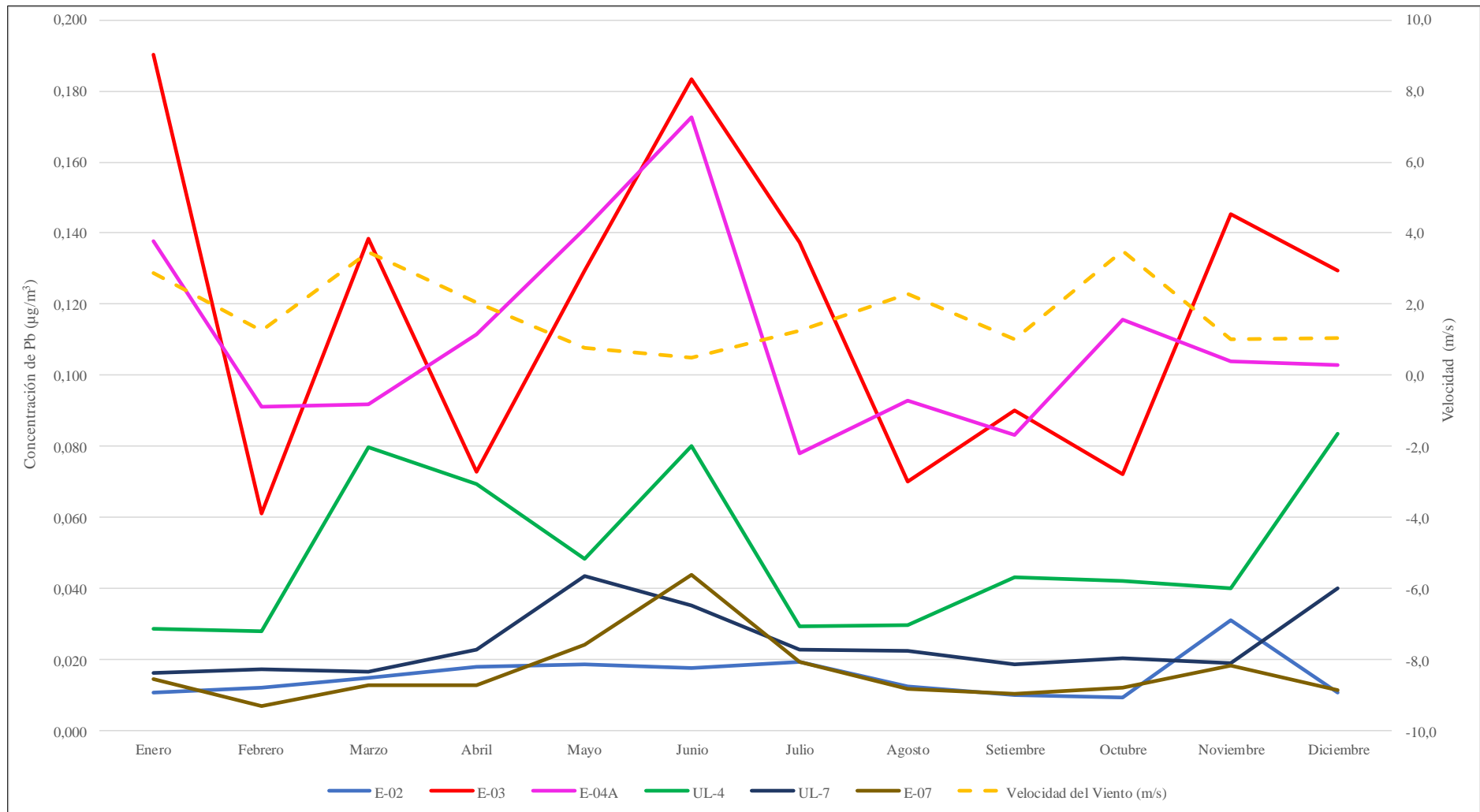


Figura 46: Relación mensual entre la velocidad del viento y la concentración de plomo

FUENTE: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

- La mayor concentración media mensual de PM_{10} se dieron a partir de abril en casi todas las estaciones, a excepción de la estación E-04A, alcanzando niveles variables hasta el mes de julio; es decir, abarcando parte de las estaciones de otoño e invierno. Además, existe un amplio cumplimiento de los ECAs mensuales de concentración de plomo, en todas las estaciones de monitoreo, señalado en el D.S. 074-2001-PCM y del D.S. 003-2017-MINAM.
- Con respecto a las concentraciones medias anuales de PM_{10} y plomo, los promedios anuales más altos se dieron en el PP.JJ. Ramon Castilla y en la Institución Educativa María Reiche, y los más bajos en el PP.JJ. Puerto Nuevo y en la Urbanización Centenario. Cumpliendo todas las estaciones de monitoreo con los ECAs para el promedio anual de concentración de PM_{10} y plomo, indicado en los decretos supremos N° 074-2001-PCM, N° 069-2003-PCM y N° 003-2017-MINAM; a excepción del punto E-04A que sobrepasa los ECAs para la concentración media anual de PM_{10} con valor de anual de $87,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Existe una clara diferenciación en la distribución espacial de la contaminación atmosférica por PM_{10} y plomo en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales. Siendo el PP.JJ. Ramón Castilla la zona en donde hay mayor exposición al material particulado menor a 10 micras; y junto con la Institución Educativa María Reiche las zonas en donde hay mayor exposición al plomo en el periodo anual 2016.
- Existe relación entre las concentraciones promedio mensual de PM_{10} y Plomo en los puntos de monitoreo E-02, E-03, UL-7 y E-07; con valores de coeficientes de correlación que van desde los 0,65 hasta los 0,91 demostrando una correlación significativa.

- Se evidencia que existe una de correlación significativa para la concentración de PM_{10} y las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento; a excepción de la estación ubicada en la I.E. María Reiche.
- Se observa que a manera general existe valores bajos de correlación para la concentración de Plomo y las variables meteorológicas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

VI. RECOMENDACIONES

- Para un mayor control de las partículas de minerales es conveniente el encapsulado total del área de los depósitos de minerales, éste ayudaría a impermeabilizar el área y ejercer un mejor control de dispersión de contaminantes.
- Es importante tener en cuenta que, si mejoramos el asfaltado de pistas y veredas en las avenidas principales Néstor Gambetta, Atalaya y Contralmirante Mora; así como la implementación de parques y jardines en el descampado que funciona como patio de maniobras de vehículos livianos y pesados en el PP.JJ. Ramón Castilla, reduciríamos notoriamente la suspensión de material particulado.
- Realizar monitoreos de calidad de suelo para detectar zonas donde haya presencia de plomo, con el fin de tomar medidas inmediatas y evitar la resuspensión de este contaminante.
- Puesto que; la intensidad de los vientos favorece la dispersión de las partículas presentes en el aire, se recomienda seguir con el monitoreo de meteorológico con el propósito de comprender mejor el comportamiento de las variables meteorológicas de la zona en estudio.
- Con el fin de evitar la intoxicación de los niños del colegio María Reiche, se recomienda hacer una reubicación de la Institución Educativa hacia lugares en donde la concentración de plomo no sea muy alta, tal es el caso de los lugares a barlovento de los depósitos de minerales como los PP.JJ. Puerto Nuevo, San Juan Bosco, Barrio Fiscal 1 y Barrio Fiscal 2.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángeles, J.; Febres, G.; Porras, J.; Valencia, R.; Vega, E. 2014. Libro de texto del curso de métodos estadísticos para la investigación I. Perú. 6.ed. 240p.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2011. Estudio de saturación Lima metropolitana y Callao. Perú. 66p.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2005. Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. Perú. 71p.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2016. Programa Nacional de Vigilancia Sanitaria de Calidad del Aire (en línea). Consultado el 24 oct.2018. Disponible en http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/pral2/datos/Lima_2016/lima_callao.asp.
- DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental). 2003. Decreto Supremo N° 009-2003-SA (en línea). Consultado 6 feb.2018. Disponible en http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/DS-009-2003-SA.pdf.
- EHP (Environmental Health Project). 2000. Estudio para determinar las fuentes de exposición a plomo en la provincia constitucional del Callao, Perú. Activity Report No. 104. Perú. 25p.
- EPA (Environmental Protection Agency).2017. Particulate Matter (PM) Basics (en línea). Consultado 6 sep.2017. Disponible en <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>.
- ESCALE (Estadística de Calidad Educativa). 2016. Ficha de datos de la I.E. 5045 María Reiche (en línea). Consultado 23 ene.2018. Disponible en http://escale.minedu.gob.pe/PadronWeb/info/ce?cod_mod=0215665&anexo=0.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). Conceptos del conjunto de herramientas Interpolación de ráster: Cómo funciona Kriging. Consultado 28 dic.2018. Disponible en <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm>.

- Fernández, A. 2001. Especiación física y química de metales en la materia particulada atmosférica: Aplicación al estudio de la contaminación ambiental de la ciudad de Sevilla. Tesis Doctoral. Sevilla, España. Universidad de Sevilla. 562 p.
- Gobierno Regional del Callao. 2013. Dirección Regional de Salud Callao, Análisis situacional de salud en el distrito del Callao 2013. Perú. 129p.
- Gobierno Regional del Callao. 2018. Atlas Geográfico Digital de la Provincia Constitucional del Callao, Características del relieve (en línea). Consultado 15 ene.2018. Disponible en http://www.regioncallao.gob.pe/contenidos/contenidos_GRC/ATLAS/.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Perú. 1 disco compacto, 8mm.
- Jiménez, B. 2005. La contaminación Ambiental en Mexico: causas, efectos y tecnología apropiada. Editorial LIMUSA S.A. 1 ed. 911 p.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, Publicada el 15 de octubre de 2005. Perú.
- Mészáros, E. 1999. Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry. Budapest. Akadémiai Kiado. 308p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2017. Gestión de Calidad del Aire (en línea). Consultado 6 sep.2017. Disponible en http://www.minam.gob.pe/calidad_ambiental/zonas-de-atención-prioritaria/
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2017. Glosario de términos (en línea). Consultado 6 sep. 2017. Disponible en <http://infoaire.minam.gob.pe/INFOAIRE/glosario-terminos>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2014. Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014 (en línea). Consultado 1 oct.2018. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2017. Decreto Supremo N° 003-2017 MINAM (en línea). Consultado 6 feb.2018. Disponible en <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2017-minam/>.
- Miranda, R; Ortiz, F. 2008. Evaluación de la concentración de material particulado suspendido PM₁₀ y su relación con la morbilidad asociados a edades en niños menores a catorce años por enfermedad respiratoria aguda en el municipio de

- Toluviejo (Sucre). Tesis Ing. Ambiental y Sanitario. Bogotá, Colombia. Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. 135p.
- Morales, R. 2006. Contaminación Atmosférica urbana: Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago. Chile. Universitaria Editorial. 1 ed. 330p.
 - NTP 900-030 2003 (Norma Técnica Peruana). Gestión ambiental. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de material particulado respirable como PM₁₀ en la atmósfera. 1 ed. 2003.
 - NTP 900-032 2003 (Norma Técnica Peruana). Gestión ambiental. Calidad de aire. Método de referencia para la determinación de plomo en material particulado suspendido colectado en el aire del ambiente. 1 ed. 2003.
 - OMS (Organización Mundial de la Salud). 2005. Guías de calidad del aire de relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre: Resumen de evaluación de los riesgos.
 - OMS (Organización Mundial de la Salud). 2016. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud (en línea). Consultado 6 sep.2017. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>.
 - OMS (Organización Mundial de la Salud). 2017. Diez sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública (en línea). Consultado 6 sep.2017. Disponible en http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/.
 - PERUBAR S.A. Estudio de Impacto Ambiental “Modernización e integración de la unidad logística Callao”. 2013.
 - PCM (Presidencia del Consejo de Ministros). 2001. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire D.S N° 074-2001-PCM (en línea). Consultado 6 sep.2017. Disponible en http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/DS-074-2001-PCM.pdf
 - SGS del Perú S.A.C. 2016. Informe Anual de Monitoreo de Calidad de Aire y Variables Meteorológicas.
 - SGS del Perú S.A.C. 2016. Instructivo de muestreo de material particulado (pts, PM₁₀ y PM_{2.5}) en aire ambiental con equipos de alto volumen. Revisión 8.
 - Warneck, P. 1999. Chemistry of the natural atmosphere. International Geophysics. Academic Press. 2 ed. 927 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Registro fotográfico

Estación de monitoreo E-02 en el PP.JJ. Puerto Nuevo.



Punto de monitoreo ubicado en la Mz. E-5 Lote 1 del PP.JJ. Puerto Nuevo



Estación de monitoreo E-02



Punto de monitoreo ubicado a 150 metros de los depósitos de minerales.



Poco flujo vehicular cerca al punto de monitoreo.

FUENTE: Elaboración propia.

Estación de monitoreo E-03 en el colegio María Reiche.



Colegio "María Reiche" Av. Contralmirante Mora N° 420



Punto de monitoreo ubicado en el techo de los salones de clase del colegio María Reiche.



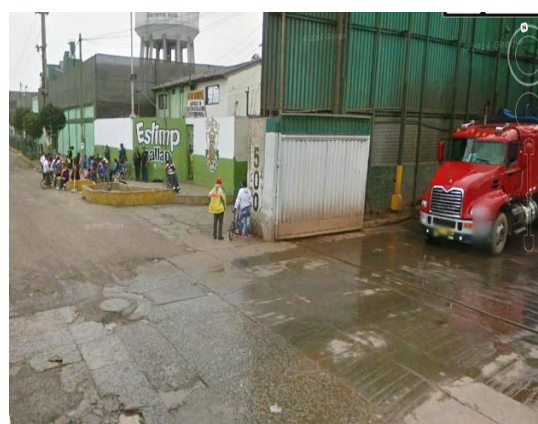
Depósitos de minerales parcialmente techados.



Depósitos de minerales parcialmente techados.



Tráfico vehicular pesado y liviano por la avenida Contralmirante Mora, frente al colegio María Reiche.



Puerta de entrada y salida de camiones con minerales, cerca al colegio María Reiche, en la av. Contralmirante Mora.

FUENTE: Elaboración propia.

Estación de monitoreo UL-4 en el PP.JJ. San Juan Bosco



Punto de monitoreo ubicado en el cruce de las calles Rímac y calle C, en el PP.JJ. San Juan Bosco



Estación de monitoreo UL-4



Poco tránsito vehicular por la calle Rímac.



Poco tránsito vehicular por la calle C.

Estación de monitoreo E-04A en el PP.JJ. Ramón Castilla



Punto de monitoreo ubicado en el PP.JJ. Ramón Castilla "Block K-21".



Estación de monitoreo E-04A



Tráfico vehicular en Av. Néstor Gambeta frente a la estación E-04A.



Tráfico vehicular en Av. Néstor Gambeta frente a la estación E-04A.



Tránsito de tren por la av. Atalaya, cerca de la estación E-04A.



Tráfico vehicular en Av. Néstor Gambeta frente a la estación E-04A.



Pistas y veredas en mal estado en la Av. Néstor Gambeta.



Generación de polvo por tránsito de camiones de carga pesada frente a estación E-04A.

Estación de monitoreo UL-7 en el PP.JJ. Ramón Castilla



Punto de monitoreo ubicado cerca del cruce de las calles San Martín y Cuzco, en el PP.JJ. Ramón Castilla.



Estación de monitoreo UL-7.



Mercado ambulatorio en la calle San Martín, al frente de la estación de monitoreo UL-7.



Mercado ambulatorio en la calle San Martín, al frente de la estación de monitoreo UL-7.

Estacion de monitoreo E-07 en la Urb. Centenario



Estación de monitoreo ubicada en la Av. Alfredo Palacios N° 698 Urb. Centenario.



Estación de monitoreo E-07.



Actividad industrial en Av. Alfredo Palacios, cerca de E-07.



Actividad industrial en Av. Alfredo Palacios, cerca de E-07.



Poco tránsito vehicular por la a. Alfredo Palacios, al frente de la estación E-07.



Poco tránsito vehicular por la calle Supe, al frente de la estación E-07.

FUENTE: Elaboración propia.

Anexo 2: Concentraciones diarias de PM₁₀ en Calidad de Aire

Fecha	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
sábado, 2 de Enero de 2016	28,8	76,2	59,5	38,3	33,6	38,9
martes, 5 de Enero de 2016	26,4	49,2	79,5	38	30,8	36,7
viernes, 8 de Enero de 2016	23,4	31,7	48	45,9	35,6	28,4
lunes, 11 de Enero de 2016	33,2	58,8	81	29,2	44,3	34,2
jueves, 14 de Enero de 2016	25,6	37,5	89,9	29,6	35	32,6
domingo, 17 de Enero de 2016	28,6	46,3	32,1	22,7	43,8	57,6
miércoles, 20 de Enero de 2016	30,8	92,4	60,9	35,4	40	36,1
sábado, 23 de Enero de 2016	23,6	37,7	90,6	37,4	35,9	31,7
martes, 26 de Enero de 2016	23,7	33,5	56,9	33,5	32,5	42,1
viernes, 29 de Enero de 2016	25,8	29,2	54,6	28,8	34,2	29,4
lunes, 1 de Febrero de 2016	31,3	47,6	140	31,1	28	36
jueves, 4 de Febrero de 2016	28,6	33,5	68,4	37,7	39,7	25,1
domingo, 7 de Febrero de 2016	29,4	40,6	63,5	34,4	37,3	43,9
miércoles, 10 de Febrero de 2016	31,1	43,4	93,2	40,4	37,9	58,1
sábado, 13 de Febrero de 2016	27,9	39	54,1	31	33	31,8
martes, 16 de Febrero de 2016	34	37,8	105,8	37,1	39,9	23,2
viernes, 19 de Febrero de 2016	26	39,1	95,2	32,3	34,7	18,2
lunes, 22 de Febrero de 2016	27,9	32,5	79,8	31,7	38,7	21,1
jueves, 25 de Febrero de 2016	27,5	36,8	39,9	35,2	38,7	36,1
domingo, 28 de Febrero de 2016	45,6	40,1	106,4	43,1	42,7	39,8
miércoles, 2 de Marzo de 2016	33,4	73,2	83,3	51,4	42,9	36,9
sábado, 5 de Marzo de 2016	32,4	38,3	108,2	43	42,5	37,4
martes, 8 de Marzo de 2016	26,9	38,1	93,3	32,2	38,5	35
viernes, 11 de Marzo de 2016	26,2	24,1	80,6	32,7	35,9	33,7
lunes, 14 de Marzo de 2016	34,3	39,9	116,5	40,4	32,3	43,4
jueves, 17 de Marzo de 2016	37,5	39	108,5	31,6	23,9	29,3
domingo, 20 de Marzo de 2016	29,9	38,2	53,7	31,1	34,1	28,8
miércoles, 23 de Marzo de 2016	28,7	60,6	52,4	54,3	29,8	32,8
sábado, 26 de Marzo de 2016	27,2	76,4	76,9	30,7	33,8	32,1
martes, 29 de Marzo de 2016	30,4	41,2	140,4	42,5	45,5	41,5
viernes, 1 de Abril de 2016	28,9	43,4	114,4	38,5	44,7	35,4
lunes, 4 de Abril de 2016	28,5	38,5	92,4	32,7	33,9	33,5
jueves, 7 de Abril de 2016	28,4	33,3	87	38,7	39,5	37,6
domingo, 10 de Abril de 2016	29,3	29,6	86,7	52,5	27,5	27,1
miércoles, 13 de Abril de 2016	30,2	35,3	70	23,6	29	34,8

Fecha	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
sábado, 16 de Abril de 2016	23,4	28,9	59,1	25,8	28,7	26
martes, 19 de Abril de 2016	28,6	32	78,7	33	29,5	33,7
viernes, 22 de Abril de 2016	47,4	54,2	162,9	53,3	60,6	57,6
lunes, 25 de Abril de 2016	82,9	47,2	121,6	26,9	40,3	40,4
jueves, 28 de Abril de 2016	30,4	41,6	106,5	37,6	48,4	39,8
domingo, 1 de Mayo de 2016	35,2	43,4	57,4	45,5	48,7	38,4
miércoles, 4 de Mayo de 2016	26,1	31,4	78,5	20,2	24,2	22,4
sábado, 7 de Mayo de 2016	24,9	38,8	71,6	31	37	29,9
martes, 10 de Mayo de 2016	23,8	33,1	95,6	32,5	43,7	59,6
viernes, 13 de Mayo de 2016	32,8	40,6	98,2	38,7	47,9	29,4
lunes, 16 de Mayo de 2016	42,2	46,3	89,9	49,1	62,1	50,3
jueves, 19 de Mayo de 2016	42,6	56,4	79	48	62	53,9
domingo, 22 de Mayo de 2016	42,1	22,1	105	44	48,7	48,9
miércoles, 25 de Mayo de 2016	57,7	53,4	117,2	57,1	61,5	59,4
sábado, 28 de Mayo de 2016	32,7	61,7	98,4	46,4	54,6	54,2
martes, 31 de Mayo de 2016	34,1	75,6	80,8	64,4	74	38,9
viernes, 3 de Junio de 2016	30,5	85,1	50,2	29,3	22	24,1
lunes, 6 de Junio de 2016	73,9	85,4	139,7	85,9	88,5	98,2
jueves, 9 de Junio de 2016	63,3	72,5	73,4	72,2	82,3	82,9
domingo, 12 de Junio de 2016	61,8	64,1	69,4	68,7	78,2	41,1
miércoles, 15 de Junio de 2016	35,7	50,8	91,6	40,1	46,6	45,9
sábado, 18 de Junio de 2016	36,9	53,3	85	44	46	48,7
martes, 21 de Junio de 2016	53,3	68,2	116,9	57,8	80,5	65,7
viernes, 24 de Junio de 2016	39,6	94,1	87,2	37,3	48,5	47,7
lunes, 27 de Junio de 2016	45,7	54,1	100,3	78,8	62,1	53,9
jueves, 30 de Junio de 2016	33,9	43,2	87,1	61,3	41	68,8
domingo, 3 de Julio de 2016	70	48,5	90,8	49,7	66,1	38,1
miércoles, 6 de Julio de 2016	42,8	49,4	112,2	48,6	47,3	55,9
sábado, 9 de Julio de 2016	37,5	44,4	84,2	38,4	41,6	44,8
martes, 12 de Julio de 2016	45,1	34,6	96,2	61,9	54,1	58,4
viernes, 15 de Julio de 2016	25,9	42,1	107	28,7	42,1	31,7
lunes, 18 de Julio de 2016	35,1	42,9	78,8	43,2	42,7	43,8
jueves, 21 de Julio de 2016	56,3	77	55,3	43,8	39,5	32,6
domingo, 24 de Julio de 2016	43,3	48,2	87	25	27,2	39,7
miércoles, 27 de Julio de 2016	34,2	49,8	49	52,9	45,5	29,5
sábado, 30 de Julio de 2016	36,5	33	93,8	60	35,8	37,6
martes, 2 de Agosto de 2016	28,5	43,2	48,2	39,5	37,1	45,3
viernes, 5 de Agosto de 2016	55,3	35,6	90,6	28,9	42,5	30

Fecha	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
lunes, 8 de Agosto de 2016	31,4	24,7	121,9	45,1	44,5	42,9
jueves, 11 de Agosto de 2016	34,6	61,9	80,4	38,9	47,4	51,9
domingo, 14 de Agosto de 2016	30,6	17,8	85,2	39,7	57,6	43,5
miércoles, 17 de Agosto de 2016	25,4	37,2	75,7	31,4	54,4	31
sábado, 20 de Agosto de 2016	38,8	30,3	87,8	35,2	59,1	28,1
martes, 23 de Agosto de 2016	17,8	32	36,8	36,8	37,8	26,9
viernes, 26 de Agosto de 2016	27,7	39,2	59,7	36,1	25,8	32,2
lunes, 29 de Agosto de 2016	42,8	53,7	82,5	39,4	49	44,2
jueves, 1 de Setiembre de 2016	32,3	49,9	65,8	41,2	40,3	44,2
domingo, 4 de Setiembre de 2016	34,5	50,5	165,7	49,7	56,8	66,2
miércoles, 7 de Setiembre de 2016	26,5	48,7	104	39,6	42,3	36,4
sábado, 10 de Setiembre de 2016	27,4	33,2	68,1	34,3	42,2	36,1
martes, 13 de Setiembre de 2016	19,3	38,7	88,1	49,7	37,2	39,6
viernes, 16 de Setiembre de 2016	30	35,1	82,1	42,8	39,2	40,5
lunes, 19 de Setiembre de 2016	47,9	42,7	78,1	34,8	45,4	34,7
jueves, 22 de Setiembre de 2016	19,1	22,3	78,6	33,8	35,2	20,5
domingo, 25 de Setiembre de 2016	36,1	40,8	92	36,2	23,4	37,9
miércoles, 28 de Setiembre de 2016	30,5	41,4	73,5	41,9	51,9	31,8
sábado, 1 de Octubre de 2016	30,9	40,3	38,7	45,3	31,6	36
martes, 4 de Octubre de 2016	33,5	50	76,8	44,3	38,6	50,1
viernes, 7 de Octubre de 2016	32,7	45	50,8	60,2	53	40,3
lunes, 10 de Octubre de 2016	29,9	33,5	84,8	33,7	32,7	33,6
jueves, 13 de Octubre de 2016	51,6	50,7	99,3	51,1	39,9	45,1
domingo, 16 de Octubre de 2016	30	40,9	82,1	50,9	38,5	20,3
miércoles, 19 de Octubre de 2016	31,1	42,6	129,3	46,5	40,2	39,4
sábado, 22 de Octubre de 2016	33,4	40,3	89,9	40	37,3	25,6
martes, 25 de Octubre de 2016	24,9	39,4	98,8	53,3	38,4	36,2
viernes, 28 de Octubre de 2016	36	38,4	32,1	28,7	27,1	33,1
lunes, 31 de Octubre de 2016	24,3	32	104,6	53,7	30,3	30,8
jueves, 3 de Noviembre de 2016	47,6	47,5	78,8	41,3	26,9	37,3
domingo, 6 de Noviembre de 2016	51,6	39,2	57,1	34,8	38,4	34,1
miércoles, 9 de Noviembre de 2016	26,9	44,5	79	33,8	50,7	35
sábado, 12 de Noviembre de 2016	29,7	44,9	186,5	37,7	38,6	34,9
martes, 15 de Noviembre de 2016	49,6	41	47,4	36,8	42,6	35,9
viernes, 18 de Noviembre de 2016	26,2	33,3	47,7	50,3	31,2	45
lunes, 21 de Noviembre de 2016	26,7	36,5	77,4	57,3	36	30,6
jueves, 24 de Noviembre de 2016	28,1	38,9	95,5	33,7	84,4	45,2
domingo, 27 de Noviembre de 2016	90,3	48,5	197,8	33,4	81,7	32,6

Fecha	Concentraciones de PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
miércoles, 30 de Noviembre de 2016	41,4	40,3	120,9	39,5	53	45,7
sábado, 3 de Diciembre de 2016	27,5	49,4	189,1	33	48	18,7
martes, 6 de Diciembre de 2016	31,3	54,3	99,5	40,9	32,6	29,5
viernes, 9 de Diciembre de 2016	22,4	32,9	103,1	28,6	66,6	35,7
lunes, 12 de Diciembre de 2016	19,2	39,5	85	35	28,1	31,5
jueves, 15 de Diciembre de 2016	25	58,5	126,4	46	35,5	34,9
domingo, 18 de Diciembre de 2016	24,2	42	48,7	24,3	64,7	27,7
miércoles, 21 de Diciembre de 2016	18,2	34,8	109,3	44,1	34,3	28,5
sábado, 24 de Diciembre de 2016	15,9	37,6	39	40,5	46,7	32
martes, 27 de Diciembre de 2016	25	37,3	123,6	44	52	52,7
viernes, 30 de Diciembre de 2016	12,2	64,6	79	53,8	58,8	41

FUENTE: SGS del Perú S.A.C, 2016.

Anexo 3: Concentraciones diarias de Plomo en Calidad de Aire

Fecha	Concentraciones de Plomo en PM ₁₀ en µg/m ³ std.					
	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
sábado, 2 de Enero de 2016	0,005	0,070	0,054	0,037	0,009	0,015
martes, 5 de Enero de 2016	0,014	0,277	0,097	0,031	0,018	0,021
viernes, 8 de Enero de 2016	0,010	0,011	0,168	0,073	0,016	0,013
lunes, 11 de Enero de 2016	0,011	0,711	0,112	0,027	0,031	0,010
jueves, 14 de Enero de 2016	0,014	0,179	0,077	0,009	0,007	0,010
domingo, 17 de Enero de 2016	0,016	0,297	0,045	0,004	0,029	0,016
miércoles, 20 de Enero de 2016	0,014	0,101	0,059	0,038	0,014	0,005
sábado, 23 de Enero de 2016	0,007	0,130	0,107	0,021	0,012	0,006
martes, 26 de Enero de 2016	0,007	0,089	0,592	0,033	0,018	0,016
viernes, 29 de Enero de 2016	0,011	0,037	0,067	0,015	0,009	0,035
lunes, 1 de Febrero de 2016	0,013	0,032	0,125	0,019	0,008	0,007
jueves, 4 de Febrero de 2016	0,011	0,011	0,109	0,034	0,023	0,007
domingo, 7 de Febrero de 2016	0,007	0,056	0,049	0,018	0,008	0,008
miércoles, 10 de Febrero de 2016	0,009	0,111	0,166	0,042	0,041	0,008
sábado, 13 de Febrero de 2016	0,013	0,014	0,051	0,034	0,019	0,007
martes, 16 de Febrero de 2016	0,017	0,055	0,098	0,028	0,018	0,005
viernes, 19 de Febrero de 2016	0,009	0,107	0,087	0,024	0,010	0,005
lunes, 22 de Febrero de 2016	0,011	0,050	0,077	0,020	0,013	0,004
jueves, 25 de Febrero de 2016	0,011	0,071	0,042	0,025	0,013	0,010
domingo, 28 de Febrero de 2016	0,020	0,107	0,106	0,038	0,021	0,010
miércoles, 2 de Marzo de 2016	0,020	0,263	0,127	0,262	0,029	0,018
sábado, 5 de Marzo de 2016	0,014	0,010	0,115	0,056	0,011	0,012
martes, 8 de Marzo de 2016	0,023	0,062	0,062	0,027	0,009	0,007
viernes, 11 de Marzo de 2016	0,009	0,022	0,088	0,043	0,032	0,015
lunes, 14 de Marzo de 2016	0,013	0,084	0,105	0,102	0,013	0,010
jueves, 17 de Marzo de 2016	0,026	0,095	0,065	0,147	0,010	0,005
domingo, 20 de Marzo de 2016	0,010	0,079	0,034	0,047	0,013	0,007
miércoles, 23 de Marzo de 2016	0,007	0,613	0,038	0,013	0,010	0,007
sábado, 26 de Marzo de 2016	0,011	0,032	0,086	0,006	0,014	0,035
martes, 29 de Marzo de 2016	0,017	0,125	0,200	0,096	0,025	0,013
viernes, 1 de Abril de 2016	0,012	0,125	0,095	0,066	0,012	0,006
lunes, 4 de Abril de 2016	0,011	0,080	0,103	0,059	0,031	0,009

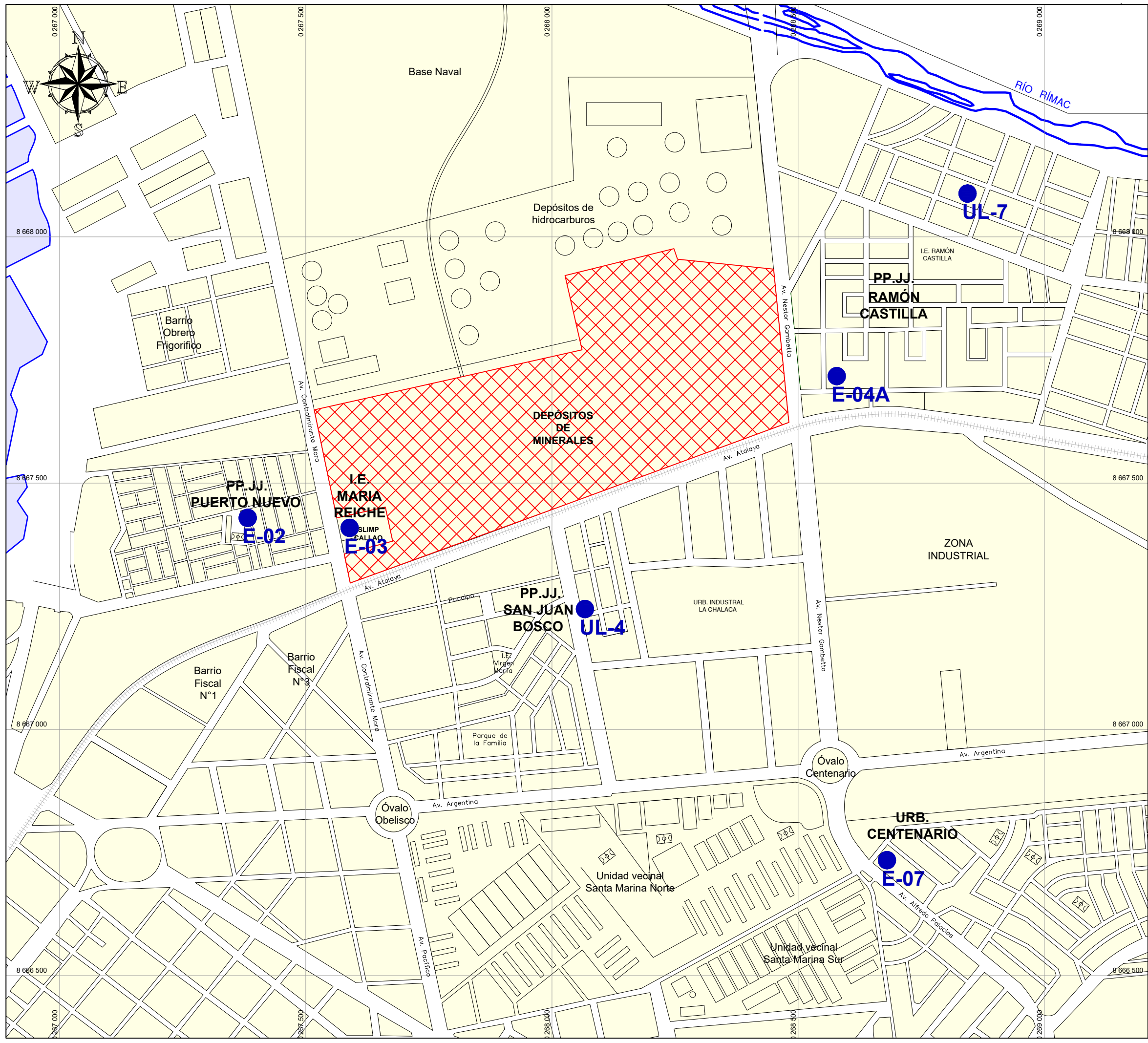
Concentraciones de Plomo en PM₁₀ en µg/m³ std.						
Fecha	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
jueves, 7 de Abril de 2016	0,012	0,072	0,212	0,070	0,054	0,017
domingo, 10 de Abril de 2016	0,011	0,054	0,079	0,137	0,014	0,007
miércoles, 13 de Abril de 2016	0,022	0,040	0,057	0,022	0,015	0,007
sábado, 16 de Abril de 2016	0,009	0,059	0,058	0,083	0,016	0,005
martes, 19 de Abril de 2016	0,013	0,046	0,076	0,092	0,014	0,009
viernes, 22 de Abril de 2016	0,011	0,140	0,194	0,082	0,030	0,044
lunes, 25 de Abril de 2016	0,068	0,025	0,134	0,029	0,022	0,011
jueves, 28 de Abril de 2016	0,013	0,088	0,107	0,055	0,022	0,013
domingo, 1 de Mayo de 2016	0,018	0,072	0,035	0,051	0,029	0,022
miércoles, 4 de Mayo de 2016	0,018	0,054	0,152	0,019	0,010	0,009
sábado, 7 de Mayo de 2016	0,015	0,098	0,077	0,036	0,017	0,007
martes, 10 de Mayo de 2016	0,015	0,062	0,081	0,049	0,040	0,024
viernes, 13 de Mayo de 2016	0,015	0,233	0,130	0,037	0,043	0,006
lunes, 16 de Mayo de 2016	0,013	0,092	0,182	0,063	0,035	0,026
jueves, 19 de Mayo de 2016	0,016	0,250	0,160	0,034	0,035	0,033
domingo, 22 de Mayo de 2016	0,046	0,060	0,180	0,061	0,022	0,048
miércoles, 25 de Mayo de 2016	0,025	0,067	0,260	0,058	0,047	0,035
sábado, 28 de Mayo de 2016	0,015	0,291	0,217	0,046	0,115	0,045
martes, 31 de Mayo de 2016	0,012	0,148	0,078	0,079	0,085	0,015
viernes, 3 de Junio de 2016	0,009	0,164	0,035	0,027	0,006	0,013
lunes, 6 de Junio de 2016	0,032	0,159	0,335	0,338	0,056	0,148
jueves, 9 de Junio de 2016	0,015	0,112	0,112	0,096	0,029	0,069
domingo, 12 de Junio de 2016	0,011	0,119	0,036	0,035	0,038	0,006
miércoles, 15 de Junio de 2016	0,020	0,293	0,183	0,053	0,052	0,043
sábado, 18 de Junio de 2016	0,017	0,327	0,440	0,093	0,032	0,042
martes, 21 de Junio de 2016	0,016	0,193	0,218	0,051	0,056	0,028
viernes, 24 de Junio de 2016	0,016	0,289	0,060	0,011	0,016	0,012
lunes, 27 de Junio de 2016	0,034	0,113	0,162	0,078	0,047	0,055
jueves, 30 de Junio de 2016	0,007	0,063	0,148	0,021	0,021	0,025
domingo, 3 de Julio de 2016	0,030	0,065	0,092	0,017	0,028	0,024
miércoles, 6 de Julio de 2016	0,014	0,117	0,168	0,043	0,019	0,032
sábado, 9 de Julio de 2016	0,038	0,089	0,063	0,021	0,043	0,028
martes, 12 de Julio de 2016	0,012	0,052	0,053	0,072	0,012	0,053
viernes, 15 de Julio de 2016	0,009	0,092	0,090	0,005	0,025	0,010

Concentraciones de Plomo en PM₁₀ en µg/m³ std.						
Fecha	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
lunes, 18 de Julio de 2016	0,012	0,119	0,070	0,067	0,018	0,017
jueves, 21 de Julio de 2016	0,017	0,053	0,023	0,015	0,022	0,003
domingo, 24 de Julio de 2016	0,030	0,469	0,083	0,014	0,012	0,013
miércoles, 27 de Julio de 2016	0,006	0,173	0,041	0,019	0,038	0,008
sábado, 30 de Julio de 2016	0,028	0,146	0,100	0,022	0,012	0,007
martes, 2 de Agosto de 2016	0,012	0,024	0,097	0,022	0,023	0,009
viernes, 5 de Agosto de 2016	0,021	0,146	0,106	0,034	0,018	0,006
lunes, 8 de Agosto de 2016	0,011	0,009	0,135	0,028	0,020	0,046
jueves, 11 de Agosto de 2016	0,008	0,006	0,128	0,017	0,030	0,009
domingo, 14 de Agosto de 2016	0,011	0,094	0,061	0,019	0,013	0,011
miércoles, 17 de Agosto de 2016	0,004	0,104	0,055	0,020	0,038	0,006
sábado, 20 de Agosto de 2016	0,034	0,008	0,165	0,001	0,048	0,009
martes, 23 de Agosto de 2016	0,009	0,133	0,076	0,093	0,011	0,008
viernes, 26 de Agosto de 2016	0,006	0,078	0,057	0,011	0,010	0,007
lunes, 29 de Agosto de 2016	0,009	0,101	0,049	0,053	0,015	0,008
jueves, 1 de Setiembre de 2016	0,005	0,046	0,032	0,053	0,013	0,005
domingo, 4 de Setiembre de 2016	0,012	0,112	0,217	0,112	0,015	0,033
miércoles, 7 de Setiembre de 2016	0,007	0,055	0,087	0,007	0,013	0,016
sábado, 10 de Setiembre de 2016	0,009	0,014	0,058	0,021	0,013	0,006
martes, 13 de Setiembre de 2016	0,011	0,082	0,063	0,069	0,010	0,011
viernes, 16 de Setiembre de 2016	0,012	0,131	0,056	0,032	0,013	0,008
lunes, 19 de Setiembre de 2016	0,016	0,064	0,050	0,046	0,056	0,008
jueves, 22 de Setiembre de 2016	0,009	0,072	0,046	0,029	0,012	0,007
domingo, 25 de Setiembre de 2016	0,013	0,207	0,091	0,029	0,019	0,009
miércoles, 28 de Setiembre de 2016	0,007	0,118	0,133	0,035	0,022	0,005
sábado, 1 de Octubre de 2016	0,015	0,012	0,016	0,043	0,008	0,010
martes, 4 de Octubre de 2016	0,005	0,065	0,064	0,019	0,011	0,023
viernes, 7 de Octubre de 2016	0,013	0,024	0,276	0,125	0,111	0,011
lunes, 10 de Octubre de 2016	0,005	0,005	0,078	0,010	0,010	0,010
jueves, 13 de Octubre de 2016	0,009	0,094	0,078	0,036	0,012	0,008
domingo, 16 de Octubre de 2016	0,014	0,123	0,107	0,043	0,016	0,004
miércoles, 19 de Octubre de 2016	0,008	0,139	0,324	0,043	0,018	0,008
sábado, 22 de Octubre de 2016	0,007	0,107	0,089	0,022	0,011	0,006
martes, 25 de Octubre de 2016	0,011	0,072	0,127	0,051	0,014	0,032

Concentraciones de Plomo en PM₁₀ en µg/m³ std.						
Fecha	E-02 PP.JJ. Puerto Nuevo	E-03 Colegio María Reiche	E-04A PP.JJ. Ramón Castilla	UL-4 San Juan Bosco	UL-7 PP.JJ. Ramón Castilla	E-07 Urb. Centenario
viernes, 28 de Octubre de 2016	0,008	0,139	0,007	0,020	0,004	0,016
lunes, 31 de Octubre de 2016	0,011	0,014	0,105	0,053	0,011	0,007
jueves, 3 de Noviembre de 2016	0,046	0,279	0,049	0,029	0,009	0,006
domingo, 6 de Noviembre de 2016	0,038	0,102	0,059	0,011	0,008	0,008
miércoles, 9 de Noviembre de 2016	0,012	0,165	0,085	0,020	0,012	0,008
sábado, 12 de Noviembre de 2016	0,011	0,026	0,190	0,057	0,012	0,008
martes, 15 de Noviembre de 2016	0,018	0,103	0,034	0,022	0,031	0,082
viernes, 18 de Noviembre de 2016	0,015	0,151	0,048	0,091	0,010	0,021
lunes, 21 de Noviembre de 2016	0,019	0,322	0,072	0,094	0,013	0,013
jueves, 24 de Noviembre de 2016	0,013	0,006	0,073	0,026	0,066	0,013
domingo, 27 de Noviembre de 2016	0,088	0,161	0,204	0,023	0,013	0,006
miércoles, 30 de Noviembre de 2016	0,053	0,140	0,226	0,031	0,017	0,020
sábado, 3 de Diciembre de 2016	0,015	0,041	0,210	0,012	0,029	0,004
martes, 6 de Diciembre de 2016	0,007	0,102	0,053	0,026	0,014	0,010
viernes, 9 de Diciembre de 2016	0,007	0,122	0,077	0,010	0,087	0,008
lunes, 12 de Diciembre de 2016	0,004	0,149	0,056	0,024	0,008	0,007
jueves, 15 de Diciembre de 2016	0,020	0,071	0,167	0,438	0,010	0,011
domingo, 18 de Diciembre de 2016	0,019	0,246	0,042	0,012	0,066	0,006
miércoles, 21 de Diciembre de 2016	0,012	0,139	0,113	0,144	0,016	0,010
sábado, 24 de Diciembre de 2016	0,010	0,184	0,146	0,044	0,062	0,005
martes, 27 de Diciembre de 2016	0,009	0,141	0,103	0,025	0,014	0,036
viernes, 30 de Diciembre de 2016	0,005	0,100	0,064	0,102	0,096	0,019

FUENTE: SGS del Perú S.A.C, 2016.

Anexo 4: Plano de ubicación de los puntos de monitoreos



Ubicación distrital

Estaciones de Monitoreo			
Estación	Altura m.s.n.m.	Coordenadas UTM WGS 84	
		Norte	Este
E-02	7	8 667 437	0 267 378
E-03	9	8 667 408	0 267 588
UL-4	13	8 667 257	0 268 060
E-04A	17	8 667 711	0 268 555
UL-7	20	8 668 107	0 268 748
E-07	17	8 666 739	0 268 681

SIMBOLOGÍA

- Puntos de monitoreo ●
- Río
- Línea férrea
- Depósitos de minerales

Evaluación de la concentración de PM₁₀ y plomo en el aire ambiental, en los pueblos jóvenes cercanos a los depósitos de minerales en el Callao

DIBUJO	E.V.E.	ANEJO 4: Plano de ubicación de los puntos de monitoreo			
DATUM	WGS 84 - 18 L	REGIÓN:	CALLAO	PROVINCIA:	CALLAO
HOJA	A3	DISTRITO:			CALLAO
ESCALA	1:7 500	CICLO OPTATIVO ACADÉMICO			01
FECHA	OCTUBRE - 2018				