



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN ECOLOGÍA



TESIS

**EVALUACIÓN ESPACIO –TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AIRE
DETERMINADO POR MATERIAL PARTICULADO PM2.5 Y MONÓXIDO DE
CARBONO CO MEDIANTE UN MONITOR DE MEDICIÓN (ÓPTICO Y
ELECTROQUÍMICO) EN 6 PRINCIPALES TRAMOS URBANOS EN
JULIACA-2021**

PRESENTADA POR:

DANIA MAGALI YANA MACHACA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN ECOLOGÍA

CON MENCIÓN EN EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2023

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN ESPACIO -TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AIRE DETERMINADO POR MATERIAL PARTICULADO PM2.5 Y MONÓXIDO DE CARBONO CO MEDIANTE UN MONITOR DE MEDICIÓN (ÓPTICO Y EL ECTROQUÍMICO) EN 6 PRINCIPALES TRAMO

AUTOR

DANIA MAGALI YANA MACHACA

RECuento DE PALABRAS

17839 Words

RECuento DE CARACTERES

100537 Characters

RECuento DE PÁGINAS

127 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

36.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 31, 2024 7:56 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 31, 2024 8:01 AM GMT-5

● 6% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



Dr. Juan José Panto Roque
Biólogo Dr. Sc.
PROF. ASOCIADO TC - FCCBB UNAP



Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN ECOLOGÍA

TESIS

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CALIDAD DEL AIRE DETERMINADO POR MATERIAL PARTICULADO PM_{2.5} Y MONÓXIDO DE CARBONO CO MEDIANTE UN MONITOR DE MEDICIÓN (ÓPTICO Y ELECTROQUÍMICO) EN 6 PRINCIPALES TRAMOS URBANOS EN JULIACA-2021

PRESENTADA POR:

DANIA MAGALI YANA MACHACA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN ECOLOGÍA

CON MENCIÓN EN EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


M.Sc. EDWIN FEDERICO ORNA RIVAS

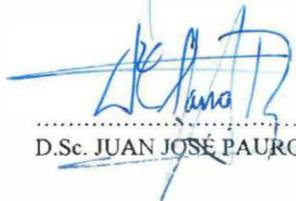
PRIMER MIEMBRO


D.Sc. MARÍA ISABEL VALDENAS GAONA

SEGUNDO MIEMBRO


Mag. DANTE MAMANI SAIRITUPAC

ASESOR DE TESIS


D.Sc. JUAN JOSÉ PAURO ROQUE

Puno, 30 de marzo de 2023

ÁREA: Ecología – Evaluación del Impacto Ambiental

TEMA: Evaluación espacio-temporal de la calidad del aire determinado por material particulado PM_{2.5} y monóxido de carbono CO mediante un monitor de medición (óptico y electroquímico) en 6 principales tramos urbanos en Juliaca-2021.

LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente – Calidad Ambiental



DEDICATORIA

- Se la dedico a Dios, por levantarme y brindarme fuerzas en mi continuo tropiezo ante cualquier circunstancia.
- A mis padres Cesar y Zenovia por acompañarme en cada paso y proceso por forjar mi crecimiento profesional; a mis hermanos Abdón y Lizbeth por el apoyo y motivación continua en cada meta y decisión tomada.



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, institución que promueve la ciencia.
- A la Escuela de Postgrado de la UNA – PUNO por las oportunidades brindadas en todo el trayecto académico.
- A mis asesores Dr. Juan José Pauro Roque y al Ing. Russel Allidren Lozada Vilca por el apoyo en todo el transcurso de la ejecución del estudio y por brindarme apoyo profesional y recursos valiosos concernientes al estudio, que hicieron posible este proyecto.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	2
1.1.1. Calidad del aire	2
1.1.2. Contaminación del aire	2
1.1.3. Contaminación por monóxido de carbono	7
1.1.4. Contaminación por material particulado	9
1.1.5. Delimitación de los parámetros a monitorear	10
1.1.6. Implementación de estaciones de medición	10
1.1.7. Sensores MQ-7 y GP2Y1010AU0F	11
1.2. Antecedentes	13
1.2.1. A nivel internacional	13
1.2.2. A nivel nacional	16
1.2.3. A nivel local	18

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	20
2.2. Enunciados del problema	21
2.2.1. Problema general	21
2.2.2. Problemas específicos	21



2.3. Justificación	21
2.4. Objetivos	22
2.4.1. Objetivos generales	22
2.4.2. Objetivos específicos	22
2.5. Hipótesis	23
2.5.1. Hipótesis específicas	23
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. Lugar de estudio	24
3.2. Población	25
3.3. Muestra	26
3.4. Método de investigación	27
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	29
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Implementación y homologación del monitor de medición (óptico y electroquímico) implementado con equipos certificados para PM _{2.5} y CO	39
4.2. Determinación de la concentración y el comportamiento espacio-temporal en base a los INCA del PM _{2.5} y CO en la calidad del aire en 6 principales tramos urbanos.	41
4.3. Determinación de la relación existente entre la calidad del aire y el comportamiento espacio-temporal del CO y PM _{2.5}	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Estándares de Calidad Ambiental – ECA Aire Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM	5
2. Relación entre los intervalos INCA y las concentraciones de monóxido de carbono	6
3. Relación entre los intervalos INCA y las concentraciones de material particulado 2.5	6
4. Síntomas de acuerdo a la disminución de oxígeno en la sangre para cada sistema	8
5. Parámetros a priorizar en función a las fuentes involucradas	10
6. Aforo vehicular en zonas de monitoreo determinadas en unidades/hora, realizadas en las 6 avenidas en horas punta	26
7. Tramos de estudio y/o monitoreo	27
8. Operacionalización de Variables	29
9. Especificaciones técnicas del Arduino	31
10. Datos obtenidos promedio obtenidos por el monitor (óptico y electroquímico) y equipos calibrados para PM _{2.5} y CO	39
11. Repeticiones y desviación estándar de las concentraciones obtenidas de CO (determinado en un promedio de 8 h) y PM _{2.5} (determinado en un promedio de 24 h) de las estaciones de muestreos con equipos calibrados en la Av. Mártires 4 de noviembre	39
12. Concentraciones de PM _{2.5} (día lunes)	41
13. Concentraciones de CO (día lunes)	42
14. Concentraciones de PM _{2.5} (día martes)	45
15. Concentraciones de CO (día martes)	46
16. Concentraciones de PM _{2.5} (día miércoles)	48
17. Concentraciones de CO (día miércoles)	49
18. Concentraciones de PM _{2.5} (día jueves)	51
19. Concentraciones de CO (día jueves)	52
20. Concentraciones de PM _{2.5} (día viernes)	54
21. Concentraciones de CO (día viernes)	55
22. Concentraciones de PM _{2.5} (día sábado)	57
23. Concentraciones de CO (día sábado)	58
24. Concentraciones de PM _{2.5} (día domingo)	60
25. Concentraciones de CO (día domingo)	61
26. Correlación de los parámetros de estudio	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Epígrafe de la formación y efecto de los contaminantes primarios y secundarios	3
2. Esquema de dispersión de contaminantes en el aire emitidos por el medio urbano	7
3. Esquema de los nodos de conexión del sensor	12
4. Sensor MQ-7	12
5. Sensor óptico GP2Y1010AU0F	13
6. Ubicación geográfica del área de estudio	25
7. Pantalla OLED	30
8. Reloj RTC	30
9. Arduino instalado	31
10. Características técnicas del Arduino	31
11. Placa de lectura de datos	32
12. Sensor MQ-7 de medición de CO	32
13. Sensor óptico modelo GP2Y1010AU0F	33
14. Sensor de AM2302	34
15. Placa de sensores integrado	34
16. Monitor de medición de calidad del aire (Sistema Integrado)	35
17. Distribución geográfica de los puntos de medición de PM _{2.5} y CO (Puntos de monitoreo)	36
18. Semiovariograma de los datos	37
19. Mapa de búsqueda de mayor concentración de datos (searching neighborhood)	37
20. Mapa de comportamiento de las concentraciones	38
21. Mapas de comportamiento espacial PM _{2.5} (día lunes)	41
22. Mapas de comportamiento espacial CO (día lunes)	42
23. Comportamiento temporal PM _{2.5} (día lunes)	43
24. Comportamiento temporal CO (día lunes)	43
25. Mapas de comportamiento espacial PM _{2.5} (día martes)	45
26. Mapas de comportamiento espacial CO (día martes)	46
27. Comportamiento temporal PM _{2.5} (día martes)	47
28. Comportamiento temporal CO (día martes)	47
29. Mapas de comportamiento espacial PM _{2.5} (día miércoles)	48
30. Mapas de comportamiento espacial CO (día miércoles)	49
31. Comportamiento temporal PM _{2.5} (día miércoles)	50
32. Comportamiento temporal CO (día miércoles)	50
33. Mapas de comportamiento espacial PM _{2.5} (día jueves)	51



34. Mapas de comportamiento espacial CO (día jueves)	52
35. Comportamiento temporal PM _{2.5} (día jueves)	53
36. Comportamiento temporal CO (día jueves)	53
37. Mapas de comportamiento espacial PM _{2.5} (día viernes)	54
38. Mapas de comportamiento espacial CO (día viernes)	55
39. Comportamiento temporal PM _{2.5} (día viernes)	56
40. Comportamiento temporal CO (día viernes)	56
41. Mapas de comportamiento espacial PM _{2.5} (día sábado)	57
42. Mapas de comportamiento espacial CO (día sábado)	58
43. Comportamiento temporal PM _{2.5} (día sábado)	59
44. Comportamiento temporal CO (día sábado)	59
45. Mapas de comportamiento espacial PM _{2.5} (día domingo)	60
46. Mapas de comportamiento espacial CO (día domingo)	61
47. Comportamiento temporal PM _{2.5} (día domingo)	62
48. Comportamiento temporal CO (día domingo)	62
49. Correlación CO - INCA (Arriba) y Correlación PM _{2.5} - INCA (Abajo)	63
50. Cuadro de comparación entre las concentraciones y calificación INCA	63
51. Flujograma	76
52. Rosa de vientos durante el periodo de monitoreo (mes de julio - agosto)	79
53. Rosa de viento de los días de comparación con los instrumentos calibrados (29 y 30 de junio)	80
54. Frecuencia de distribución de viento (julio y agosto)	81
55. Intensidad de precipitación (julio y agosto)	81
56. Distribución de la frecuencia del viento (días de medición con instrumentos calibrados 29 y 30 de junio)	81
57. Manejo del filtro pre - muestreo	88
58. Armado del Muestreador de calidad Low-vol	88
59. Ajuste del equipo de medición Lowvol	89
60. Instalación final del equipo	89
61. Instalación del equipo Tren de Muestreo	90
62. Equipos de medición instalados (Tren de muestreo, Sensores de medición y el Low-vol)	90
63. Comparación simultanea alternativa con datos de los monitores de medición	91
64. Medición manual de contaminantes de PM _{2.5} y parámetros meteorológicos DM106 y JLDG3002	91
65. Equipos manuales de medición DM106 (izquierda) y JLDG3002 (derecha)	92
66. Sistema de red de medición (sensor óptico y electroquímico)	93
67. Imágenes de puntos monitoreados	94



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Diagrama de flujo del sensor MQ-7 y el sensor GP2Y1014	76
2. Coeficientes de grado de correlación de Pearson	77
3. Datos Meteorológicos de la estación Davis Instrument	77
4. Datos Meteorológicos de la estación SENAMHI	78
5. Rosa de Vientos	79
6. Distribución de frecuencias de clase de viento	81
7. Costo aproximado del monitor de medición	82
8. Certificación	83
9. Panel fotográfico	88
10. Resumen de concentraciones de PM _{2.5} (día y lugar) obtenidas por el monitor de medición	95
11. Resumen de concentraciones de CO (día y lugar) obtenidas por el monitor de medición	100
12. Tendencia del comportamiento del PM _{2.5} y CO por días y por rutas	105

RESUMEN

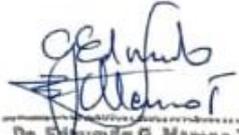
El efecto negativo del $PM_{2.5}$ y CO son graves preocupaciones para el medio ambiente y salud de los habitantes, así como la deficiencia de equipos de vigilancia empeorando la situación. Cuestionando ¿Cuál será la calidad del aire espacio-temporal determinado por $PM_{2.5}$ y CO mediante un monitor de medición (óptico y electroquímico) en 6 principales tramos urbanos en Juliaca?, cuyo objetivo residió en realizar una evaluación mediante la implementación de un monitor de medición en tiempo real, para evaluar las concentraciones, en 6 tramos más frecuentados por el parque automotor, en 16 puntos en un periodo de 7 días por tramo, un total de 42 días de monitoreo continuo; asimismo, obteniendo concentraciones máximas de CO $15934.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de $PM_{2.5}$ de $64.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Seguidamente, se realizó un análisis estadístico del comportamiento temporal, diseñándose mapas temáticos de la distribución espacial mediante la interpolación de Kriging, en razón a los Índices de Calidad del Aire – INCA predominando concentraciones espaciales en la avenida circunvalación Oeste, los días lunes y fines de semana, en horas matutinas y tardías, sobrepasando los ECA-Aire; finalmente, se desarrolló el grado de relación de Pearson entre la calidad del aire y el $PM_{2.5}$ y CO resultando $R=0.82$ (aceptable) y $R=0.57$ (mínima) infiriendo que los datos están vinculados con INCA-Aire; determinando la calidad de aire con tendencia *moderada*. Las cuales servirán para cuantificar la exposición mediante un mapa detallado de zonas de la ciudad vinculados con la contaminación atmosférica para gestionar y presidir los esfuerzos frente a la contaminación.

Palabras clave: Calidad de aire, evaluación espacio-temporal, material particulado $PM_{2.5}$, monóxido de carbono CO y monitor de medición.

ABSTRACT

The negative effect of $PM_{2.5}$ and CO are serious concerns for the environment and health of the inhabitants, as well as the deficiency of monitoring equipment worsening the situation. Questioning What will be the spatio-temporal air quality determined by $PM_{2.5}$ and CO by means of a measurement monitor (optical and electrochemical) in 6 main urban sections in Juliaca? whose objective was to evaluate the concentrations in 6 of the most frequented stretches by the vehicle fleet, at 16 points over a period of 7 days per stretch, a total of 42 days of continuous monitoring, obtaining maximum concentrations of CO $15934.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $PM_{2.5}$ of $64.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Next, a statistical analysis of the temporal behavior was performed, designing thematic maps of the spatial distribution by Kriging interpolation, according to the Air Quality Indexes - INCA, predominating spatial concentrations in the West ring road, on Mondays and weekends, in the morning and late hours, surpassing the ECA-Aire; finally, the degree of Pearson's relationship between air quality and $PM_{2.5}$ and CO resulting in $R=0.82$ (acceptable) and $R=0.57$ (minimum) inferring that the data are linked to INCA-Air; determining the air quality with moderate tendency. These will serve to quantify the exposure through a detailed map of areas of the city linked to air pollution in order to manage and preside over the efforts against pollution.

Keywords: Air quality, spatio-temporal assessment, $PM_{2.5}$ particulate matter, carbon monoxide CO and measurement monitor.



Dr. Edmundo G. Moreno Terrazas
PROFESOR PRINCIPAL
UNA - PUNO

INTRODUCCIÓN

En las circunstancias actuales los niveles de contaminación en el aire originan problemas en la salud y en el medio ambiente, debido a las reacciones químicas que tienen parte en la atmosfera, las cuales representan una constante amenaza. Estudios de la Organización Mundial de la Salud (ONU, 2015) muestran que las muertes prematuras ascienden más de los 2 millones por cada año que transcurre en el tiempo; cuya ideología de la ONU y del gobierno nacional es convivir en un ambiente sano y saludable la cual representa más que un derecho constitucional, una necesidad fundamental; en ese sentido, las entidades públicas y privadas cuyas actividades involucran directa e indirectamente la contaminación del aire están en la obligación de responder ante este problema que viene afectando principalmente en zonas urbanas y en segundo plano a zonas rurales debido al empleo de automóviles antiguos y tecnologías sin control ni filtros de emisiones de gases.

Por lo mencionado, en la ciudad de Juliaca, la calidad de aire va deteriorándose y disminuyendo el nivel de calidad en razón al tiempo y el crecimiento poblacional relativamente exponencial, como resultado de las actividades económicas, la urbanización constante y el aumento del parque automotor; lo que significa, mayor demanda de consumo de materiales y necesidad de traslado, representando problemas de emisión que comprometen la salud pública y en efecto la calidad de vida de los residentes. En ese sentido, esta situación nos posiciona en la necesidad de evaluar espacio-temporalmente la calidad del aire determinado por material particulado $PM_{2.5}$ y monóxido de carbono CO mediante un monitor de medición (óptico y electroquímico) en 6 principales tramos urbanos con mayor presión vehicular en Juliaca, las cuales muestran concentraciones diarias y horarias de monóxido de carbono y material particulado 2.5 con una frecuencia de dos minutos durante una semana en cada estación.

En ese entender, la presente investigación si obtuvo información relevante y comparable, mediante un sistema de calidad del aire, de fácil manejo, compatible y económicamente accesible; cuya herramienta pueda ser empleado para el desarrollo de programas, planes, proyectos y políticas, por nuestras autoridades e investigadores, en beneficio y servicio al medio ambiente y su entorno.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Calidad del aire

Los componentes principales del aire son gases permanentes, variables, de efecto invernadero, ozono y finalmente partículas en suspensión. Son diversas las causas que influyen en la calidad del aire que necesitamos para la sobrevivencia, como la existencia de contaminantes de origen natural o por el desarrollo de actividades antrópicas, y este último en relación al crecimiento económico. Por tal razón, en Perú la calidad del aire se fundamenta principalmente en la ejecución de los Estándares de Calidad del Aire – ECA (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2018).

1.1.2. Contaminación del aire

Según la OMS (2016), la contaminación del aire figura como un riesgo medioambiental para la salud, ante la situación son frecuentes los informes y reportes que consignan el incumplimiento de los valores límite de protección, tal fue el caso en 2016 investigaciones alegaban que el 92% de la población a nivel mundial en zonas donde el respeto por las guías de calidad del aire son nulas ocasionando anualmente 3 millones de muertes prematuras (Querol, 2018), estos efectos dañinos han sido estudiados reconociéndose patologías respiratorias y cardiovasculares como resultados primordiales y poco estudiados su comportamiento, perturbación morfológica y su fisiología en los órganos comprometidos (Matus, 2017).

1.1.2.1. Clasificación de contaminantes según su origen

a) Contaminantes primarios

Los contaminantes primarios son aquellos propalados desde una fuente hacia la atmosfera directamente, entre ellos se encuentran $PM_{2.5}$, PM_{10} , NH_3 , SO_x , NO_x , CO (figura 1) a excepción del O_3 (Enviraiot, 2021; Jaramillo y Toro, 2020) las

cuales también son llamados iniciadores de fuentes antropogénicas (tráfico y la industria) y naturales (volcanes). Las concentraciones y dosificación, en su mayoría están relacionados directamente a las cantidades emitidas en el ambiente de influencia cercana (Jaramillo y Toro, 2020).

b) Contaminantes secundarios

Los contaminantes del tipo secundarios son compuestos que interactúan en el laboratorio llamado atmosfera, estos contaminantes se constituyen por reacciones fotoquímicas siempre en cuando haya existencia de radiación solar al igual que la presencia de precursores o precedentes (NO_x y COV) como se observan en la figura 1 que hacen posible esta reacción (OMS, 2006), al formarse estos compuestos causan alteraciones en el medio ambiente, a excepción del O_3 ozono estratosférico u ozono bueno, que a diferencia de los demás contaminantes secundarios, éste cumple la función de proteger al planeta de las radiaciones UV, pero causando afectaciones en la salud de las personas en altas concentraciones (Enviraiot, 2021).

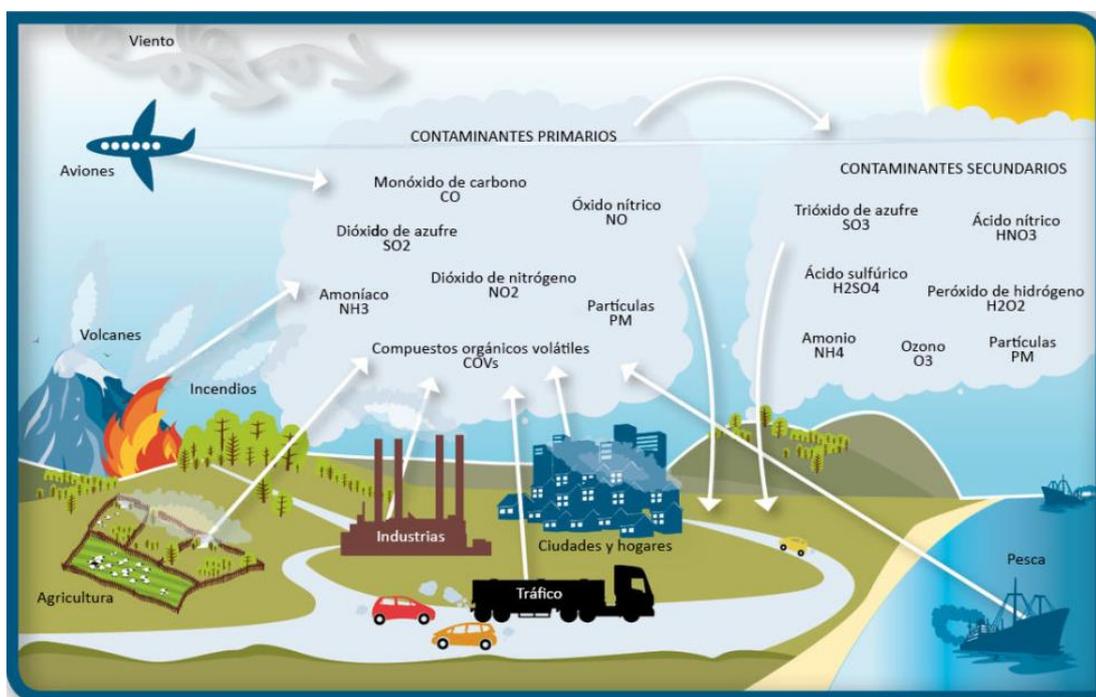


Figura 1. Epígrafe de la formación y efecto de los contaminantes primarios y secundarios
Fuente : William Green/Mr. G. Science CC BY-SA 4.0 y (Enviraiot, 2021)

1.1.2.2. Fuentes de emisión de contaminantes

a) Fuentes móviles

Para este tipo de contaminación la principal fuente es el tránsito por vías de transporte, en la que hace alusión a la emanación de contaminantes por vehículos motorizados; sin importar el tamaño, la función y finalidad del vehículo. Las cuales operan en un radio cercano a la población, viviendas e Instituciones Públicas (Mora *et al.*, 2021; Ubilla y Yohannessen, 2017)

b) Fuentes estacionarias

Hacen referencia a infraestructuras establecidas en un punto fijo, por ejemplo, las industrias de producción, que en sus actividades manufactureras hacen uso de insumos químicos y diferentes combustibles. Del mismo modo, se puede hacer mención a los incendios forestales y la quema de residuos sólidos (Ubilla y Yohannessen, 2017).

1.1.2.3. Gestión de calidad del aire

La gestión de calidad del aire se fundamenta en la ejecución de los reglamentos concernientes en el aire para mencionados contaminantes, las cuales tienen que puntualizar medidas de prevención y reversión ante el deterioro de la calidad del aire (Velasco *et al.*, 2019). El MINAM siendo el ente rector en asuntos ambientales, cuyas responsabilidades son elaborar los Estándares de Calidad Ambiental - ECA y los Límites Máximos Permisibles - LMP, en caso de los ECA después de dos decretos supremos DS 074-2001 y el DS 003-2008, ha sido actualizado DS 003-2017 (MINAM, 2017) quien deroga a los decretos anteriores instaurando niveles de concentración más exigentes para los parámetros PM_{2.5} y CO.

Ante situaciones que comprometan el medio ambiente se hace indispensable originar y difundir políticas con el fin del mejoramiento de la calidad del aire y con el objetivo de salvaguardar la salud de la población (Miranda *et al.*, 2019); en tal sentido una gestión eficaz de la calidad del aire también implica contar con profesionales competentes en la materia que pongan en funcionamiento sistemas de monitoreo, elaboren inventarios y empleen modelos matemáticos en función a los contaminantes atmosféricos (Velasco *et al.*, 2019).

a) Estándares de calidad ambiental – aire

Los estándares de calidad ambiental, conocido también por sus acrónimos ECA-Aire, es un instrumento de gestión ambiental, las cuales determinan las estimaciones numéricas en valores máximos consentidos o permitidos de concentraciones contaminantes en la atmosfera. Con el fin de salvaguardar la calidad en el medio ambiente por medio de la aplicación de este instrumento ambiental, así como otros instrumentos de gestión ambiental (Estándares de Calidad Ambiental para Aire, 2017).

Tabla 1

Estándares de Calidad Ambiental – ECA Aire Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

Parámetros	Periodo	Valor (µg/m ³)	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor a 2.5 micras	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no disperso (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética anual	
Ozono (O ₃)	8horas	100	Máxima media diaria, NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental para Aire - MINAM (2017)

b) Índice de calidad de aire (INCA)

La Resolución Directoral N° 181-2016 MINAM, es una herramienta de fácil acceso y uso, la cual expresa la calidad del aire de los monitoreos realizados, clasificándolos en categorías de estado (bueno, moderado, malo y valor umbral del estado de ciudad) cuyo objetivo primordial es presentar la calidad del aire de modo entendible a la población en razón al impacto en su salud (MINAM, 2016).

Tabla 2

Relación entre los intervalos INCA y las concentraciones de monóxido de carbono

Monóxido de carbono (CO) promedio 8 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0-50	0 - 5049	$I(\text{CO}) = [\text{CO}] * 100 / 10000$
51-100	5050 – 10049	
101-150	10050 - 15049	
> 150	> 15050	

Fuente: RD N° 181 – 2016 MINAM (Índice de Calidad del Aire, 2016).

Tabla 3

Relación entre los intervalos INCA y las concentraciones de material particulado 2.5

Material Particulado (PM _{2.5}) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ecuación
0-50	0 – 12.5	$I(\text{PM}_{2.5}) = [\text{PM}_{2.5}] * 100 / 25$
51-100	12.6 – 25	
101-150	25.1 - 125	
> 500	> 125	

Fuente: RD N° 181 – 2016 MINAM (Índice de Calidad del Aire, 2016).

1.1.2.4. Dispersión de los contaminantes del aire

La dispersión de estos contaminantes de origen antrópico y/o natural, así como el transporte de los mismos se efectúa en la zona más inferior de la troposfera de la atmósfera terrestre la cual se encuentra en comunicación con la superficie terrestre, con un espesor que llega hasta 1 km. En ese sentido los agentes responsables de la dispersión de los contaminantes son determinados por dos categorías. Aspectos meteorológicos, como el viento, gradiente vertical de la temperatura o su comportamiento y la turbulencia (Venegas y Mazzeo, 2013). Por otro lado, los aspectos físicos están dadas primordialmente con la existencia de barreras u obstáculos tales como edificios y relieves superficiales terrestres de origen natural,

las cuales provocan variación en el régimen normal de las corrientes ventosas, las cuales influyen en los procesos de emisión e inmisión según la figura. 2 (Municipalidad de Vitoria Gasteiz, 2005; Venegas y Mazzeo, 2013).

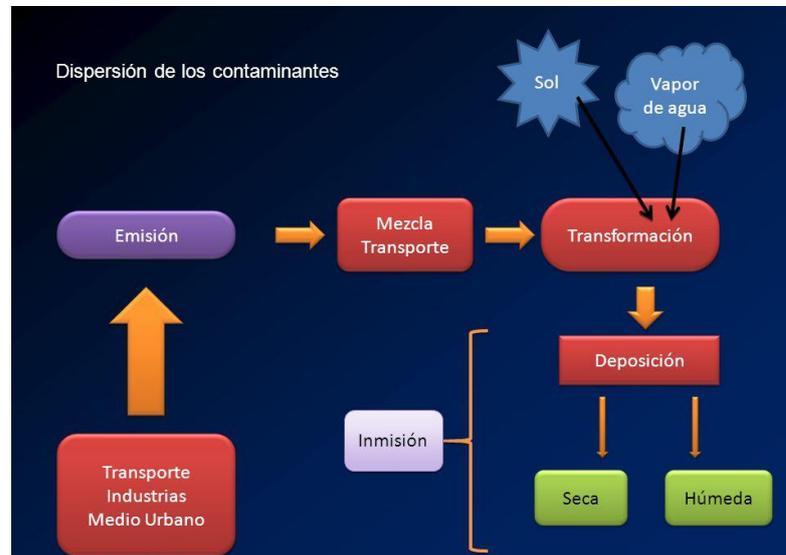


Figura 2. Esquema de dispersión de contaminantes en el aire emitidos por el medio urbano

Fuente: Oxford Educación (2009).

1.1.3. Contaminación por monóxido de carbono

1.1.3.1. Origen del contaminante

Las emisiones de CO un gas incoloro y toxico, cuyas concentraciones emitidas a la atmosfera, tienen como origen principal el uso de gasolina en unidades urbanas, otras fuentes son procesos industriales, maquinas generadoras de energía como también calor, las concentraciones normales que podrían considerarse en un ambiente urbano son de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un lapso de monitoreo de 8 horas y $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora (Rojas *et al.*, 2001).

En un aproximado del 80%, son los automóviles mayores y menores, los cuales emplean gasolina o diésel para su funcionamiento, sin considerar el uso incrementado de aparatos domésticos de energía eléctrica y a gas natural; como también chimeneas, aparatos de calefacción y demás equipos electrodomésticos, las cuales representan también un riesgo en ambientes cerrados (Téllez *et al.*, 2006).

1.1.3.2. Consecuencias en la salud

La relación entre las consecuencias en la salud y la deficiente calidad del aire son manifiestas en los tiempos actuales, causando deterioro a la salud de las personas, en un periodo de corto a largo plazo (Velasco *et al.*, 2019), por sus características las personas expuestas a diversos niveles de emisiones de monóxido de carbono, pueden ser mortales al ser inhalados por contrastes de tiempos y en grandes cantidades, de manera disimulada, es por ello que se le reconoce a este compuesto como el *Asesino Silencioso*, al cual es el motivo primordial de muertes en EE.UU (Bolaños y Chacón, 2017).

Por otro lado, los sucesos más frecuentes ocurren en las épocas de invierno, debido a que en estas temporadas el uso de aparatos de calefacción y chimeneas aumentan considerablemente, como consecuencia mayores índices de muertes (Téllez *et al.*, 2006); pero, si no se logra llegar a extremos los daños pueden ser a nivel cardiaco-pulmonar, puesto a que el CO tiene mayor afinidad a la hemoglobina (200-300 veces) que el O₂ formando la Carboxihemoglobina, generando en segundo plano obstaculización en el transporte de oxígeno, ocasionando un cuadro de hipoxia llevando a la pérdida de conciencia (Bolaños y Chacón, 2017).

Tabla 4

Síntomas de acuerdo a la disminución de oxígeno en la sangre para cada sistema

Sistema nervioso central	Sistema cardiovascular	Síntomas sistémicos
Cefalea, síncope, lipotimia, disminución del nivel de consciencia, convulsiones, ataxia, alteraciones del comportamiento, mareos, sensación de inestabilidad, pérdida de fuerza.	Palpitaciones, opresión torácica, alteraciones del ritmo cardíaco, isquemia cardíaca. Paro cardiorrespiratorio por hipoxia cardíaca grave o por afectación del tronco cerebral-	Náuseas, vómitos, diarrea, astenia, debilidad, rabdomiólisis, impotencia muscular.

Síntomas más comunes: cefalea, mareo, náuseas, inestabilidad de la marcha, pérdida de consciencia, taquicardia.

Fuente: Bolaños y Chacón (2017)

1.1.4. Contaminación por material particulado

1.1.4.1. Origen del contaminante

El material particulado $PM_{2.5}$ son partículas con un diámetro aerodinámico a 2.5 micras, las cuales solo llegan a ser visualizadas a través de un microscopio electrónico. (SENAMHI, 2018b). Su origen comprende a todos los combustibles, tubos de escape de vehículos, centrales eléctricas, procesos industriales, incendios forestales entre otros. Según su origen se dividen en partículas primarias (provenientes de la erupción de volcanes, combustión incompleta de combustibles, quema de biomasa, desgaste de carreteras, fragmentos de plantas, polen, etc.) y partículas secundarias proveniente de la conversión de gases a partículas (Suárez *et al.*, 2017).

Los objetivos de la ONU para la mitigación del $PM_{2.5}$ están consignadas en los objetivos 3 y 11 sobre vidas saludables y ciudades sostenibles respectivamente (ONU, 2015). Pues tiene una influencia profunda en aspectos principalmente de la salud por la presencia de Smog, en segundo plano en la corrosión de materiales artificiales y el clima (Suárez *et al.*, 2017).

1.1.4.2. Consecuencias en la salud

La exposición al material particulado guarda correspondencia directa e indirecta a diversos daños en la salud de la población y en ese sentido el grado de las consecuencias va vinculado a las concentraciones dispersas en la atmosfera terrestre, la cantidad inhalada, la constancia y el tiempo de exposición (Pacsi, 2016).

Estudios recientes señalan que la mayor gravedad en la salubridad por efectos del material particulado 2.5 micras, están vinculados a alteraciones en la función pulmonar, tanto en personas asmáticas como no asmáticas; por otro lado, el aumento de $10 \mu g/m^3$ de material particulado 2.5 micras en los adultos con edades mayores a los 65 años, se sujetó con el 1.68% y 3,4% de acrecentamiento en la tasa de mortalidad y por motivos cardiovasculares, bronquitis, infecciones y rinitis (Diario Oficial, 2014; Gaviria *et al.*, 2011). En ese sentido, a sabiendas que el material particulado $PM_{2.5}$ son de carácter respirable, se concluye que significan

tener una mayor relación con las cifras de morbilidad y mortalidad (Rojas y Galvis, 2005).

1.1.5. Delimitación de los parámetros a monitorear

Para que el monitoreo de la calidad del aire sea de manera eficaz y de modo eficiente; en la que no significa a priori la obligación de medir todos los parámetros que establecen en los ECA.

Tabla 5

Parámetros a priorizar en función a las fuentes involucradas

Fuentes vinculadas	Parámetros a priorizar	Referencias bibliográficas
Parque automotor, vías pavimentadas y zonas urbanas	PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , NO ₂ , CO, C ₆ H ₆ y O ₃ (ozono debido a la emisión de precursores)	EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 (1.A.3.b.i-iv Road transport 2018). AP42, chapter 13.2.1: Paved roads
Establecimientos de venta al público de Combustibles Líquidos	PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , NO ₂ , CO y C ₆ H ₆	AP 42, chapter 5.1: Petroleum Refining AP 42, CH 9.10.1.1: Sugarcane Processing.
Producción de ladrillos	PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂ , SO, CO y C ₆ H ₆	CTBE/CNPEM. Sugarcane Life Cycle Inventory (2012)

Fuente: MINAM (2019)

1.1.6. Implementación de estaciones de medición

Los datos obtenidos pueden procesarse en gabinete, pero al realizar el monitoreo en campo, puede verse obstaculizado por la accesibilidad, seguridad y disponibilidad de energía, principalmente. Es por ello que se debe asegurar la información levantada debe fundamentarse en un diseño óptimo-teórico, con el fin de alcanzar los objetivos planteados (Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA], 2005; MINAM, 2019).

- **Accesibilidad**

El área de monitoreo para ubicar la estación, tendrá que encontrarse en todo momento accesibles, así como contar con un espacio destinado para el estacionamiento vehicular en caso se requiera movilidad para el traslado de los equipos (MINAM, 2019).

- **Seguridad**

Considerar la seguridad de los equipos de medición o sensores deben de ser indispensables durante el monitoreo, para el resguardo contra la delincuencia y criminalidad.(MINAM, 2019).

- **Suministro eléctrico**

Es menester cerciorarse del suministro eléctrico durante el monitoreo o en futuras posibles ampliaciones, sin desconsiderar de un pararrayo si es necesario. (MINAM, 2019).

1.1.7. Sensores MQ-7 y GP2Y1010AU0F

1.1.7.1. Sensor MQ-7

Este equipo es un monitor de medición en tiempo real, que funciona con el hardware Arduino nano (Ortiz & Benitez, 2018), cuyo componente consiste en un sensor de gas CO (modelo MQ-7) mide en un rango de 20-2000 ppm, el sensor electroquímico de CO basada en el sensor LM393, posee una salida análoga y digital, esta última salida tiene un led indicador, además de realizar la interfaz de este sensor en particular con un microcontrolador en la que se puede emplearse un pin para la lectura del gas CO (Geek Factory, 2021),

- Voltaje de alimentación 2.5V- 5.0V
- Resistencia de calentamiento 33 Ohm
- Sensor gas de alta sensibilidad
- Operación de a temperaturas de -10 a 50 °C
- Dimensión 49.0mm x 21.0mm
- Cantidad de pines: 4
- Característica de respuesta rápida
- Alta sensibilidad al Monóxido de Carbono
- Doble salida: analógica y digital
- Sensibilidad de ajuste variable de umbral por medio y aplicación de un potenciómetro

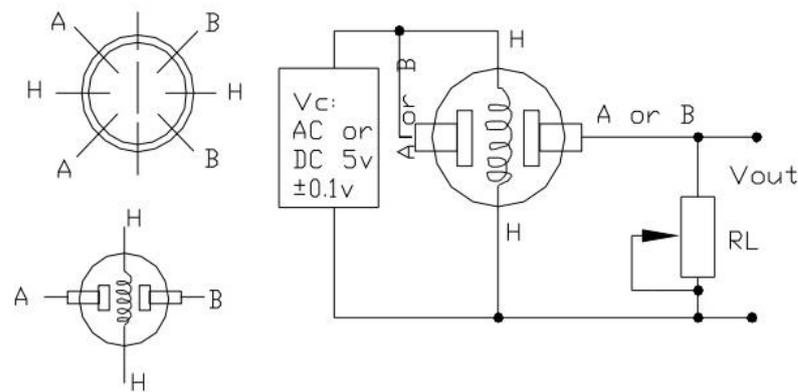


Figura 3. Esquema de los nodos de conexión del sensor



Figura 4. Sensor MQ-7
Fuente: (Naylamp, 2021)

1.1.7.2. Sensor óptico Modelo GP2Y1010AU0F

Para la medición del $PM_{2.5}$ el sensor óptico (modelo GP2Y1010AU0F) mide en un rango de $0 - 500 \mu g/m^3$, se desempeña por el régimen de reflexión de luz infrarroja y un fototransistor diagonal ambas en sinergia se organizan para que pueda detectar polen, humo y polvo en la luz reflejada en el aire, este módulo también concentra un sensor de temperatura y humedad a bordo con un modo de espera de energía reducida y auto sostenible mediante un sistema de energía alternativa (solar). Su aplicación para el procesamiento de datos requiere el uso de herramientas de programación (software) como el Wiring basado en la plataforma Processing de código abierto (Condori & Herrera, 2019).



Figura 5. Sensor óptico GP2Y1010AU0F
Fuente: (Sharp, 2006)

1.2. Antecedentes

1.2.1. A nivel internacional

Amouei *et al.* (2020), en el estudio Exposición a material particulado y contaminantes gaseosos durante el viaje en taxi en la ciudad de Nur-Sultan de Kazajstán, midieron las concentraciones de PM_{2.5} y otros parámetros dentro de movilidades, obteniendo concentraciones con una variación de 29 – 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo del camino en ida; sin embargo, en el retorno variaron de 41 a 256 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de esta manera concluyendo que los residentes o turistas pueden encontrarse expuestos de formas distintas sometidos al lugar donde residen o lugares donde concurren.

Bertrand *et al.* (2020), realizaron estudios de elección de rutas urbanas más saludables considerando el CO como indicador de la contaminación del tráfico, para ello utilizaron sensores Alphasense instalados en bicicletas para evaluar los niveles atmosféricos de CO dentro de la ciudad de Brisbane. Se encontró que las condiciones climáticas afectaron las concentraciones de CO, realizando monitoreos durante los días de la semana en 4 franjas horarias (7.00 – 8.30; 8.30 - 10; 15.30 - 17.00 y 17.00 – 18.30), también se consideró otras dos franjas horarias para dos días de fin de semana (10.00 – 11.30 y 11.30 – 13.00). Obtuvieron concentraciones durante la semana de $0.20 \pm 0.03 \text{ mg}/\text{m}^3$ en horas de 11.30 – 13.00. Por otro lado, altas concentraciones de $0.80 \pm 0.22 \text{ mg m}^{-3}$ en horas de 17.00 – 18.30, las concentraciones medias del estudio fueron de $0,42 \pm 0,46 \text{ mg}/\text{m}^3$ mientras que en el promedio máximo horario fue $0,87 \pm 1,04 \text{ mg}/\text{m}^3$, considerando resultados relativamente bajos en comparación de otras ciudades.

Clements *et al.* (2020), realizaron un estudio de identificación de puntos calientes de PM_{2.5} y su impacto espacio-temporal en la calidad del aire en Santiago de Chile, utilizando modelos de red con observaciones horarias de 11 estaciones del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire, en un periodo de 2011 – 2015. Obteniendo datos mínimos de 20.70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y máximo de 29.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones experimentan niveles de concentración por el tráfico pesado, en la que surgió la necesidad e importancia la identificación de lugares, como una herramienta fundamental.

Triantafyllou *et al.* (2020), a través del estudio contribución de la contaminación atmosférica producida y transportada localmente a las partículas en una pequeña ciudad costera insular, realizaron mediciones de concentraciones promedias de PM_{2.0} y PM_{1.0} en el centro de la ciudad de Mytilene cerca de Turkia; durante dos campañas del año en invierno y verano obteniendo concentraciones de 26 y 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el periodo de friaje, y durante la época cálida con 21 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo estos datos considerados bajos, puesto a que se contaron con datos promedios más altos de PM_{2.5} y PM_{1.0} registrados en la región; además consideran que las mediciones, mostraron que las fuentes naturales de PM son coadyuvados por la sal marina y el suelo re suspendido a la carga de partículas atmosféricas y fuentes de emisión por el parque automotor; finalmente concluyendo que las mediciones del parámetro de material particulado están relacionados con la altura, influenciados por fuentes locales y masas de aire que son transportados desde años atrás.

Rojas (2019), en su proyecto en el que monitorea 04 contaminantes con el sensor MQ-7, MQ-131, MQ-135 en el aire de la ciudad de Veracruz. Para el monitoreo aplico un prototipo de fácil manejo; primeramente, construyo y desarrolló el dispositivo; luego realizo comparaciones de los resultados obtenidos por los sensores con datos obtenidos de equipos calibrados. Para este proyecto se monitorearon el CO, CO₂, NO₂ y O₃. Concluyendo su garantía y confiabilidad en el uso de monitoreo de calidad del aire urbano.

Arrieta (2019), diseñó, desarrolló y utilizó un prototipo de monitoreo de la calidad del aire en tiempo real, fundamentados en sistemas embebidos y comunicación de datos inalámbricos; empleando dispositivo electrónicos como parte del sistema como el Arduino Nano, Arduino Mega 2560, tarjeta electrónica para la recepción de datos,

sensores de gas MQ-135, de temperatura y humedad DHT 22; con ello se obtuvieron datos de calidad del aire de CO₂, temperatura y humedad relativa; obteniendo datos de CO₂ de 300ppm a 400 ppm, valores que se encuentran dentro de los rangos de calidad de aire.

Wang *et al.* (2017), investigaron los cambios en las concentraciones de PM_{2.5} y CO en una escala de minutos, próximos a una intersección de carreteras en Shanghái, durante 4 días, en horarios de la mañana (07:00-09.00), mediodía (11:00-14:00) y tarde (16:00-18:00), empleando monitores TSI Sidepak AM510 basado en técnica de dispersión de luz a 1.7 m por encima del suelo; por otro lado, las concentraciones de CO se obtuvieron con sensores electroquímicos Langan T15n. Las concentraciones por las horas matutinas fueron mayores, en un promedio diario de PM_{2.5} y CO 60 µg/m³ y 0.8 ppm respectivamente. El CO manifestó ser más sensible al tráfico, sin embargo, el PM_{2.5} proceden de diversas fuentes, lo cual es una incertidumbre definir su fuente. Confirmando que las emisiones del tráfico acarrear impactos negativos significativos al medio ambiente, siendo las concentraciones más altas en horas punta mayores por la mañana, que por la tarde. Recomendando realizar estudios con partículas ultrafinas, carbón negro y O₃, para próximos estudios.

Wang *et al.* (2015), realizaron el estudio de variación espacial y temporal de las concentraciones PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁ en las regiones de China; para las cuales se instalaron 24 estaciones durante 8 años. Concluyendo que las concentraciones de material particulado se elevan en épocas de invierno y disminuyen en épocas de verano, encontrándose al mismo tiempo tendencias de variación diurna bimodal y unimodal, lo cual se difiere que las variaciones meteorológicas tienen participación importante en las concentraciones y dispersiones del material particulado.

Yang *et al.* (2011), en el estudio que realizaron de caracterizar el tipo de material particulado PM_{2.5} en megaciudades y China, evaluaron sus concentraciones de PM_{2.5} las cuales varían de acuerdo a la ubicación geográfica, en el que se obtuvieron datos de PM_{2.5} de 34,0-193,4 µg/m³ en solo China, mayores de 100 µg/m³ en las regiones del norte y oeste y menores de 40 µg/m³ en regiones forestales. La especiación que realizaron se caracterizó por cantidades elevadas de material de la corteza terrestre que representaba el 10 % de la masa de PM_{2.5}, concluyendo que la contaminación atmosférica por causas de fuentes móviles cada año se potencia

Zeri *et al.* (2011), realizaron un estudio en el que analizaron espacial y temporalmente concentraciones de material particulado PM_{10} , SO_2 y CO en cuatro lugares en Rio de Janeiro entre los años de 2002 y 2004, de esta manera caracterizar las relaciones de los resultados de contaminación atmosférica de ambos periodos. Resultando las concentraciones de PM_{10} mayores a las normas de la OMS, en todos los puntos considerados; por otro lado, el SO_2 y el CO no sobrepasaron los límites; sin embargo, el máximo diario de concentraciones de CO superó las normas de la OMS, en un 27% los fines de semana a diferencia de los demás días, al igual que la T° y la humedad se relacionan directamente a la concentración de contaminantes. Las concentraciones medias anuales para el PM_{10} oscilan entre $45 \mu g/m^3$, sobrepasando las normas de la OMS ($20 \mu g/m^3$), para el SO_2 de 10 siendo por debajo de la norma OMS ($20 \mu g/m^3$) y la norma brasileña ($80 \mu g/m^3$), la concentración de CO máxima no sobrepasó las cantidades permitidas brasileñas (10 ppm). Las lluvias disminuyeron el PM_{10} y SO_2 en un 30 y 40% mas no para el CO .

1.2.2. A nivel nacional

Miranda, Merma, y Herrera (2019), desarrollaron un estudio evaluando la concentración de polvo atmosférico sedimentable, $PM_{2.5}$ y PM_{10} en la ciudad de Tacna estableciendo 8 estaciones de muestreo con el método pasivo, es decir mediante la ubicación de placas en viviendas e instituciones por 4 meses, registrándose cada mes; contando con un valor promedio de $1.07 mg/cm^2/mes$ valores por encima de las normas de la OMS ($0.50 mg/cm^2/mes$ o $50 \mu g m^{-3}$), para el $PM_{2.5}$ se obtuvieron valores promedio durante 24 horas de $34 \mu g/m^3$ valor que no excede las normas Peruanas (ECA $50 \mu g/m^3$), sin embargo sobrepasando los valores permitidos por la OMS ($25 \mu g/m^3$) los valores máximos alcanzaron los $68 \mu g/m^3$ recomendando establecer sistemas de vigilancia de calidad de aire en la Municipalidad Provincial de Tacna.

Bautista (2018), evaluó concentraciones de CH_4 , CO y CO_2 en el aire utilizando 3 sensores MQ-4, MQ-7 y MG-811 respectivamente. De la misma manera utilizando RPAS-AR DRONE 2.0, junto con el software AIRDRONE 1.0 desarrollado LabVIEW 15.0 y AR Drone Toolkit v0.1.0.34. Obteniendo un total de 939 registros en 7 campos. Durante el monitoreo se consto que el sensor MG-811 (CO_2) no ofrecía resultados esperados. Resultando correlaciones Pearson (r) de concentraciones de CH_4 , CO y CO_2

en relación a la altura de los 5 grupos experimentales: -0.844, -0.87, -0.92, -0.95 y -0.97.

Pacsi y Murriel (2018), presentan una evaluación espacial como temporalmente de las concentraciones de $PM_{2.5}$ y su relación con las variables meteorológicas en el campus de la UNALM durante julio – noviembre en 2016, colectando muestras en 5 puntos con un muestreador de bajo volumen (Partisol modelo 2000-H) durante 15 días como periodo de monitoreo; obteniendo resultados de $PM_{2.5}$ que variaron en el rango de 36,89 – 49,92 $\mu g/m^3$, con un promedio de evaluación de 45.24 $\mu g/m^3$, datos que superan los ECA del aire Perú, enfatizando que en las épocas de invierno austral se obtuvieron valores más altos que en las épocas de primavera; obteniendo una correlación negativa con variables meteorológicas como temperatura, velocidad del viento y radiación solar; por otro lado, una correlación positiva con la humedad.

Guevara (2017), determinó concentraciones de $PM_{2.5}$ para luego compararlas con los índices de calidad ambiental en puntos del Jr. Alfonso Ugarte y Jr. Victoria Vázquez en Morales – San Martín, mediante el equipo de medición Hi-Vol $PM_{2.5}$, en un periodo de 11 días del 03 al 14 de octubre 2016, cuyos resultados promedio de concentración fue de 16.41 $\mu g/m^3$ cuyos valores no excedieron los valores anuales de calidad MINAM (25 $\mu g/m^3$), siendo comparados con los índices de calidad la cual registra que las zonas de monitoreo se encuentran en un nivel de riesgo bajo con una calificación moderada y buena, infiriendo que la situación del aire es aceptable pues se encuentra dentro de los estándares.

Suárez *et al.* (2017), desarrollaron un estudio de caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, colectaron la concentración de PM_{10} y $PM_{2.5}$ entre agosto y mayo, con un equipo de bajo volumen (Partisol FRM 2000) y filtros de 47 mm posteriormente analizando su composición química mediante fluorescencia de rayos X resultando que en el MP_{10} se encontraron en mayor cantidad elementos geológicos (8%), metales (12%) y metaloides (7%); en $PM_{2.5}$ se encontraron elementos no metales (4%), iones (11%) y especies carbonáceas (44%); siendo concentraciones promedias de PM_{10} ($64,54 \pm 30,87 \mu g/m^3$) y $PM_{2.5}$ ($34,47 \pm 14,75 \mu g/m^3$) datos que superaron los ECA aire en Perú, considerando que el $PM_{2.5}$ es el de mayor riesgo para la salud de los habitantes de la zona.

Valdivia (2017), en su proyecto de investigación en determinar PM_{10} , SO_2 y CO en Islay, en el que considero 3 puntos de monitoreo (entrada, zona urbana y salida de la ciudad) con un equipo Hi-Vol para determinar el PM_{10} y el tren de muestreo para determinar el SO_2 y CO . Al instalar los equipos tomo en cuenta la fuente de energía eléctrica y la seguridad durante la instalación de los equipos. Resultados no superaron los ECA, siendo el máximo $17.76 \mu g/m^3$ para PM_{10} ; $13.00 \mu g/m^3$ para SO_2 $\mu g/m^3$ y finalmente de $600 \mu g/m^3$ para el CO , situándose los tres parámetros dentro de la normativa peruana de calidad del aire. Concluyendo que las obras existentes de construcción y canteras no afectaron a la calidad del aire.

Rudas (2013), determina las concentraciones de CO en su proyecto de investigación, en una estación de monitoreo Santa Teresita, Cajamarca. Para este proyecto utilizo un equipo analizador automático de gas, durante 113 días en la cual se registró 2712 observaciones, siendo $13\ 328 \mu g/m^3$ el dato mayor promedio durante 01 hora, la cual no supera los ECA ($30\ 000 \mu g/m^3$) y de $8229.92 \mu g/m^3$ durante 08 horas la cual tampoco supera los ECA ($10\ 000 \mu g/m^3$); concluyendo que mayo fue el mes con más concentraciones. Recomendando implementar a la Municipalidad Provincial de Cajamarca, equipos actualizados para la determinación de calidad del aire.

1.2.3. A nivel local

Condori y Herrera (2019), evaluaron niveles de CO_2 , densidad total de polvo (DTP) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en la ciudad de Juliaca, mediante monitor multiparámetro de calidad de aire (Datalogger) que fue construido para esta línea investigación con programación en C++ en la placa Arduino Nano con sensores de gas CCS811 y sensor de polvo GP2Y1010AU0F; cuyo monitoreo consistió en 6 puntos en razón al tráfico peatonal y vehicular, durante 2 días por punto, en total 12 días de monitoreo en general, obteniendo resultados para CO_2 ($1026 \mu g/m^3 - 2365 \mu g/m^3$), DTP ($7.5 \mu g/m^3 - 24.1 \mu g/m^3$) y COV ($640 \mu g/m^3 - 16500 \mu g/m^3$); concluyendo la existencia de contaminación de la calidad del aire y recomendando el uso del monitor.

Hancco (2017), a través de un estudio determinó las concentraciones de material particulado menores a 10 micrómetros empleando un solo equipo Hi-Vol en 3 diferentes zonas con 9 estaciones de PM_{10} por 24 horas; obteniendo los siguientes resultados Salida Arequipa $37.7 \mu g/m^3$, Salida Lampa por las ladrilleras $23.9 \mu g/m^3$, Urb. Santa Adriana – Aeropuerto $46.1 \mu g/m^3$, Salida Cuzco Norte $7.7 \mu g/m^3$, Ovalo

Salida Cuzco $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Huancané $66.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Coata $49.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Puno – Taparachi $33.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Plaza Bolognesi $29.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, recomendando incrementar las áreas verdes mediante la forestación.

Huanca (2016), evaluó las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ para la gestión de áreas verdes en la ciudad de Juliaca donde realizó la medición de material particulado ≤ 2.5 empleándose 2 equipos de Hi-Vol marca THERMO en 9 puntos de muestreo en fechas del 7 al 12 de abril del 2015, con resultados de Salida Arequipa $57.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Lampa $20.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Av. Aviación $19.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Cuzco $19.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Circunvalación Este $54.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Huancané $27.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Huata $26.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Salida Puno $19.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Plaza Bolognesi $54.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alegando la zona centro ($55.63 \pm 1.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) como la más contaminada, siguiéndole la Zona Sur-Este ($24.36 \pm 4.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y la Zona Oeste ($19.80 \pm 0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$); en cuanto a las áreas verdes determinó la existencia de 59.2 ha para una población 278 444 habitantes, siendo $2.13 \text{ m}^2/\text{hab}$; finalmente recomendando realizar frecuentes monitoreos de calidad del aire y capacitaciones para la sensibilización sobre la conservación de la calidad ambiental del aire.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

La contaminación atmosférica y su exposición al $PM_{2.5}$ y CO aún continúan generando preocupación por la salud pública a nivel mundial. Al año se estima la muerte en una cifra de 7 millones de personas relacionadas con la exposición a la contaminación atmosférica por el parque automotor; pues, estos compuestos ($PM_{2.5}$ y CO) cuentan con la capacidad de instalarse en los pulmones (OMS, 2012); generando no solo impacto social con la salud, sino también impactos económicos en los costos asociados a la contaminación, considerando que seguirá en aumento las cuantiosas actividades antropogénicas (Triantafyllou *et al.*, 2020). Sin ser ajenos a la deficiencia instrumental de vigilancia, puesto que aproximadamente más del 50% de los países no cuentan con ningún tipo de monitor de vigilancia.

Por lo mencionado, la calidad del aire en Perú ha sido descuidada encabezando así la lista a nivel de Latinoamérica como uno de los países con mayores índices de contaminación siendo una de las causas la expansión del parque automotor y la distribución disminuida en monitores de vigilancia. Por otro lado San Román – Juliaca, calificada como una Zona de Atención Prioritaria, además del desconocimiento ante el comportamiento y distribución espacio-temporal del $PM_{2.5}$ y CO y la situación de la calidad del aire en Juliaca continua agravándose en el tiempo; pues, es una ciudad con una alta actividad económica a nivel Macro Sur, en continuo incremento del parque automotor en razón al crecimiento comercial, poblacional y por tanto de la superficie urbana (PDU, 2017), las vías no pavimentadas y escasas del arbolado urbano complican más la situación de la calidad del aire en la ciudad; además de la coyuntura económica-política lo que dificulta el acceso a tecnologías de vigilancia para su control. Por lo anterior y debido a la insuficiente información en la línea de estudio, esta investigación es significativa para la demostración de recursos alternativos de bajo costo como monitores de vigilancia de la calidad del aire.

2.2. Enunciados del problema

2.2.1. Problema general

- ¿Cuál será la calidad del aire espacio-temporal determinado por material particulado $PM_{2.5}$ y monóxido de carbono CO mediante un monitor de medición (óptico y electroquímico) en 6 principales tramos urbanos en Juliaca - 2021?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se implementará el monitor de medición (óptico y electroquímico) de $PM_{2.5}$ y CO?
- ¿Cuál será la concentración y el comportamiento espacio-temporal en base a los INCA del $PM_{2.5}$ y CO en la calidad del aire en 6 principales tramos urbanos en Juliaca - 2021?
- ¿Cuál será la relación existente entre la calidad del aire y el comportamiento espacio-temporal del CO y $PM_{2.5}$ en 6 principales tramos urbanos en Juliaca - 2021?

2.3. Justificación

La contaminación continua al aire por emisiones sin control de múltiples compuestos, es un problema a nivel mundial, pues son provocados de fuentes naturales o antropogénicas, siendo de necesidad monitorearlos; por ello, en el presente estudio se evaluó las concentraciones la calidad del aire urbano mediante mapas temáticos en razón a los Índices de Calidad del Aire (INCA) del monóxido de carbono CO y el material particulado $PM_{2.5}$, utilizando un monitor de partículas en tiempo real y continuo, en 6 principales tramos urbanos más frecuentados por el parque automotor en Juliaca; determinando zonas donde no cumplen con los estándares de calidad del aire y como también los aspectos meteorológicos que influyen en segundo plano.

Por tanto, es menester que las sustancias físicas o químicas del aire permanezcan en equilibrio en tanto Juliaca en condición de ZAP demanda tal información inminente de la calidad del aire; sin embargo, estos datos normalmente son adquiridos por medio de estaciones estáticas de monitoreo cuya operación, mantenimiento y calibración del instrumento demanda altos presupuestos, siendo una limitación la implementación de estaciones de monitoreo de calidad del aire; de esta manera fundamentando su

insuficiencia en numerosas ciudades con altas exposiciones a contaminantes, significando un riesgo para el medio ambiente y comprometiendo la calidad de vida de los ciudadanos por la alta capacidad de instalación de estos compuestos ($PM_{2.5}$ y CO) en los pulmones.

En efecto, esta investigación nos permitió mostrar la condición ambiental del aire, como también la categoría de riesgo en el que se encuentra actualmente; en ese sentido, se propuso implementar un instrumento portátil y autónomo de medición en tiempo real, con un sistema compatible con modelos espaciales y estadísticos, sobre todo que integre la accesibilidad y factibilidad económica; la cual, ejerce la función de vigilancia en el pronóstico y el rastreo de variabilidad en la calidad del aire en un periodo de tiempo establecido, considerándolo fundamental para la realización de estrategias, programas de control y mitigación de monóxido de carbono y material particulado, como herramienta de apoyo para la Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca, Gobiernos Regionales, Entidades privadas, etc. en beneficio de la población.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivos generales

- Evaluar espacio-temporalmente la calidad del aire determinado por material particulado $PM_{2.5}$ y monóxido de carbono CO mediante un monitor de medición (óptico y electroquímico) en 6 principales tramos urbanos en Juliaca -2021.

2.4.2. Objetivos específicos

- Implementar un monitor de medición para la determinación de concentraciones de $PM_{2.5}$ y CO.
- Analizar las concentraciones y el comportamiento espacio-temporal en base a los INCA de las concentraciones de $PM_{2.5}$ y CO en 6 principales tramos urbanos en Juliaca – 2021.
- Comparar la relación existente entre la calidad del aire y el comportamiento espacio-temporal del $PM_{2.5}$ y CO en 6 principales tramos urbanos en Juliaca-2021.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis específicas

- El monitor de medición (óptico y electroquímico) será de fácil desarrollo, construcción, operación e independiente de energía eléctrica durante su funcionamiento.
- Las concentraciones de $PM_{2.5}$ y CO superarán los ECA - aire ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente) y el comportamiento espacio-temporal del $PM_{2.5}$ y CO presentan los picos máximos en los fines de semana con intervalos INCA (101, 150 hasta 500).
- La relación que existe entre la calidad del aire y el comportamiento espacio-temporal del $PM_{2.5}$ y CO en los principales tramos urbanos en Juliaca será altamente positiva de $r=0.8$ una relación aceptable.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El lugar de estudio corresponde a la ciudad de Juliaca (Figura 6) localizada geográficamente en las Latitudes $15^{\circ}28'28''$ Sur y las Longitud $70^{\circ}10'10''$ Oeste, con 3820 msnm de altitud; el clima registrado para la ciudad corresponde a un clima seco con temperaturas promedio de 9.5°C , presenta precipitaciones promedio anual de 615 mm y poca humedad relativa en un promedio anual de 60% aproximadamente, el mes más frío es junio y el mes más cálido es noviembre (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2018).

Esta ciudad tiene su base económica fundamentada en el comercio general, por ser una ciudad principal en comercio a nivel macro sur del Perú, con una población 216 716 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018). Para el estudio se definirán rutas que presentan mayor presión vehicular y criticidad asociada a conflictos de calidad de aire. Siendo estas las que requieren prelación en atención para el control y el mejoramiento de la calidad de aire, en la que serán base para la evaluación y modelamiento de escenarios espacio-temporales.

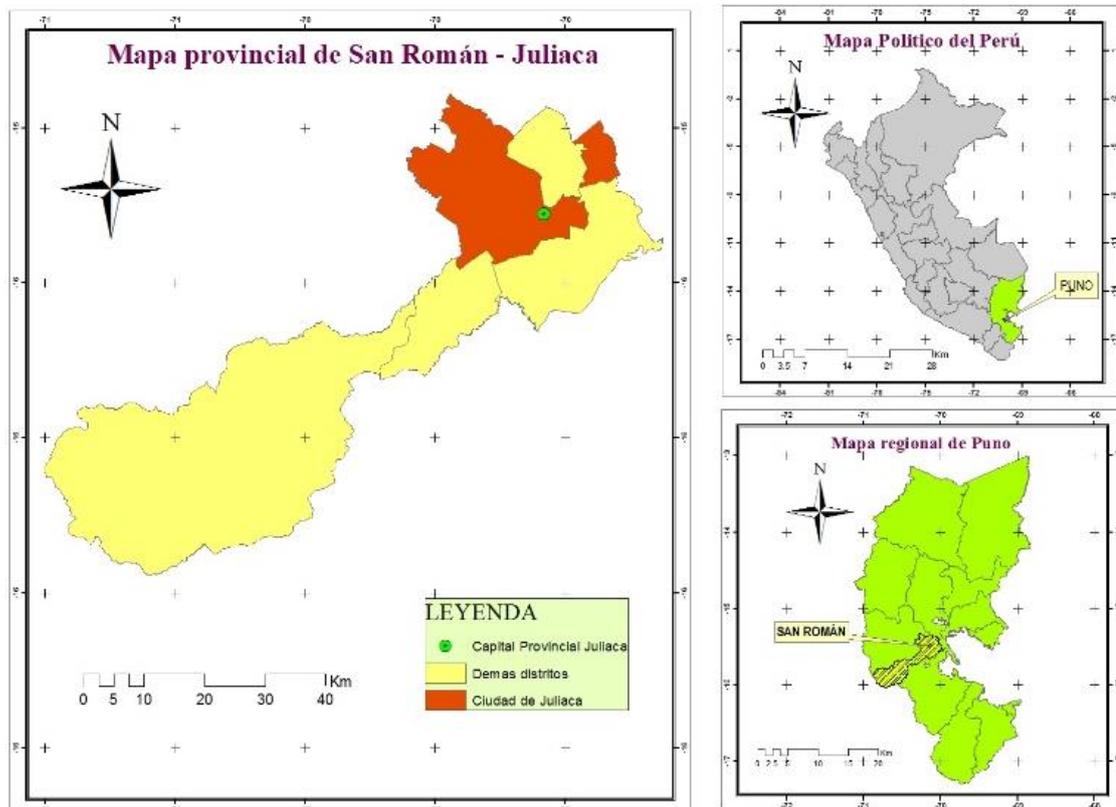


Figura 6. Ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: Elaboración propia mediante el programa ArcGIS 10.5

3.2. Población

La población en esta investigación es equivalente al distrito de Juliaca que cuenta con 15 avenidas con mayor presión vehicular, dentro de los cuales se presencia cerca de ellas más de 10 centros de asistencia médica (DIRESA, 2018), un aproximado de 16 mercados, alrededor de 11 terminales terrestres y un aeropuerto; estos son factores muy importantes que influyen en el mayor tránsito vehicular por la frecuencia a estos centros públicos y establecimientos privados, cuyos aforo o presión vehicular en ambos ejes de las avenidas se registró en horas punta (7.00 am – 8.00 am) de tráfico por hora con clasificación vehicular ligeros y pesados, por el método de conteo simple.

N= 15 avenidas con mayor presión vehicular

Tabla 6

Aforo vehicular en zonas de monitoreo determinadas en unidades/hora, realizadas en las 6 avenidas en horas punta

Aforo vehicular (unidades/hora 7.00 am – 8.00 am)			
Lugar	Cantidad	Lugar	Cantidad
Av Huancané	359	Av. Circunvalación oeste	316
Av, Tacna	325	Av. Mártires del 4 de noviembre	462
Av. Circunvalación Este	406	Av. Héroes del Pacifico	331

3.3. Muestra

La cantidad de puntos de muestreo para esta línea de investigación dependen de múltiples factores como objetivos a seguir en el estudio, los recursos disponibles, las fuentes emisoras y el tipo de datos que se requiere obtener (Rojano *et al.*, 2008). Así mismo, el tipo de monitoreo se orienta a Zonas de Atención Prioritaria – ZAP, en este sentido se considerará también el criterio poblacional es decir de 0 - 259 mil habitantes, el número de estaciones/punto de monitoreo es de 1 unidad (MINAM , 2019).

Por lo fundamentado anteriormente, para efectos de la muestra se optó por el método no probabilístico para ello la evaluación se realizó en una cantidad representativa de 16 estaciones/puntos de muestreo de calidad del aire, 3 estaciones por tramo o recorrido (figura 17); distribuidas en las 6 avenidas considerando el criterio de selección principalmente por la presión vehicular, el origen de emisión (vehicular y actividades antropogénicas en general) y la importancia de su ubicación como la proximidad de colegios, centros de atención médica, principales mercados, pollerías y grifos (Cruz, Cabello, Sorinas, Varela, & Costa, 2015; MINAM, 2019), considerando también el aforo promedio vehicular en las avenidas que es de 11 488 /día (Hanco, 2017), en las que se detallan a continuación en la siguiente tabla los tramos de estudio.

n= 6 tramos (16 puntos de monitoreo)

Tabla 7
Tramos de estudio y/o monitoreo

Tramo	Ubicación	N° de Puntos	Coordenadas		Fechas
			Este	Norte	
Tramo 1	Autopista Héroes del pacifico	03	377474.25	8286456.35	01 – 07 de julio
			377020.11	8286245.05	
Tramo 2	Av. Huancané	03	376241.84	8285907.75	08 – 14 de julio
			379464.75	8287828.85	
Tramo 3	Autopista Mártires del 4 de noviembre	02	380400.50	8288781.93	15 – 21 de julio
			380967.97	8289479.32	
Tramo 4	Av. Tacna	02	378986.31	8285661.06	22 – 28 de julio
			379692.86	8283967.42	
Tramo 5	Av. Circunvalación Este	03	379104.78	8285754.75	29 julio – 04 agosto
			379439.66	8287496.55	
Tramo 6	Av. Circunvalación Oeste	03	379620.40	8287028.76	05 – 11 de agosto
			378122.18	8288116.86	
			377426.75	8287549.87	
			377240.99	8286743.10	
Total de puntos		16			

3.4. Método de investigación

3.4.1. Diseño de muestreo

El tipo de diseño para efectos de la muestra se realizó por el método no probabilístico consecutivo debido a que se tiene la intención de incluir a todas las avenidas que cumplen con las condiciones y criterios de selección y evaluación para el estudio (presencia de fuentes emisoras fijas o móviles) que están disponibles y de mayor acceso al tráfico vehicular; por lo tanto, mayor generación de material particulado y monóxido de carbono.

3.4.2. Descripción detallada del uso de instrumentos y equipos.

Equipos de campo

- Dispositivos de almacenamiento de datos,
- Computadora,
- cámara fotográfica,
- Plano geográfico de la ciudad, Brújula,
- Casetas de protección para el monitoreo,
- Formulario de registro de datos en Campo,
- Marcadores indelebles,
- Extensión de Energía,
- Fuente de energía eléctrica y alternativa (batería y paneles solares),
- cintas de señalización de advertencia/seguridad.

Instrumentos y equipos para la fabricación del monitor

- Sensor de gas CO (modelo MQ-7),
- Sensor PM_{2.5} (modelo GP2Y1010AU0F),
- Sensor de Humedad y temperatura AM2302,
- Placa NANO Arduino,
- Pantalla OLED 0.96'',
- Placa Protoboard,
- Cable de red plano UTP CAT,
- Panel solar fotovoltaicos,
- Reloj y calendario RTC (Reloj Tiempo Real),
- Batería,
- Estaño de plomo,
- Soldador,
- Software: Programa C++,
- AutoCAD civil 3D,
- Infostat, SPSS,
- ArcGIS 10.5;

- CD ROM,
- Dispositivos de almacenamiento SD,
- marcadores.

3.4.3. Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico

Tabla 8

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TÉCNICA	INSTRUMENTO	INDICADORES	ÍNDICES
a. Variable Dependiente					
- Concentraciones de PM _{2.5} y CO	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento técnico, analítico y metódico para la determinación del material particulado derivados de la actividad antrópica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo, diseño de mapas geográficos y observación directa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor óptico GP2Y1014AU0F • Sensor electroquímico MQ-7 	<ul style="list-style-type: none"> • Partículas finas • Monóxido de carbono 	<ul style="list-style-type: none"> • $\mu\text{g}/\text{m}^3$
b. Variable Independiente					
- Índice de Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento analítico e interpretativo de la condición actual y su grado de alteración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis, Cálculo y observación directa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación con ECA – aire e INCA – aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Supera • No supera • Buena, moderada, mala o umbral de cuidado 	<ul style="list-style-type: none"> • $\mu\text{g}/\text{m}^3$

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1. Implementación del monitor de medición (óptico y electroquímico) de PM_{2.5} y CO

3.5.1.1. Diseño del monitor de medición de calidad del aire

Para la construcción del prototipo se procedió con lo siguiente:

- Características que conforman el monitor de medición (Hardware)

En una placa de material de fibra de vidrio se ensambló el reloj RTC de alta exactitud y precisión a un plazo prolongado; en la misma placa se ampalmó la pantalla OLED, cuyo funcionamiento se fundamenta en la tecnología LED, no

requiere retroalimentación puesto a cuentan con un alto contraste de la pantalla incluso en un medio con iluminación solar.



Figura 7. Pantalla OLED



Figura 8. Reloj RTC

Finalmente ensamblar el Arduino NANO junto a los demás elementos antes mencionados; es una placa de volumen sólido, íntegro y reducido; con una gran cantidad de posibilidades. La operatividad durante su funcionamiento es semejante a la ejecución del modelo Arduino Duemilanove (control inalámbrico), pero con un módulo DIP (Dual In Line Package). Contiene 14 pines de entrada/salida, cada pin puede acoger un máximo de 40mA, opera a 5V, con una resistencia de Pull-Up (elevación de tensión) y funciona mediante un cable USB (Proserquisa, 2016).

Tabla 9
Especificaciones técnicas del Arduino

Elementos	Valor
Pines de ingreso / salida	14 pines (6 pines corresponden a la salida PWM – Modulación por ancho de pulsos)
Microcontrolador	ATmega 328P
Voltaje de alimentación	7V-12V
Voltaje ingreso/salida	5V
Ingresos analógicos	8
Intensidad máx. de corriente ingreso/salida	40mA
Memoria FLASH (alta velocidad)	32KB (0.5KB es empleada por el Bootloader o gestor de impulso)
Memoria de acceso aleatorio estático	2 KB
Memoria de lectura programable y borrable eléctricamente	1 KB
Continuidad de reloj	16 MHz

Fuente: (Arduino cl, 2019; TodoMicro, 2021)

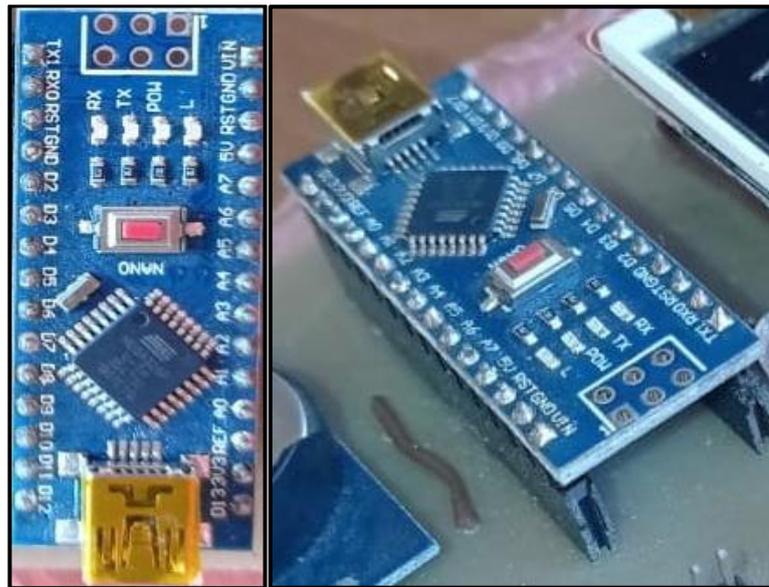


Figura 9. Arduino instalado

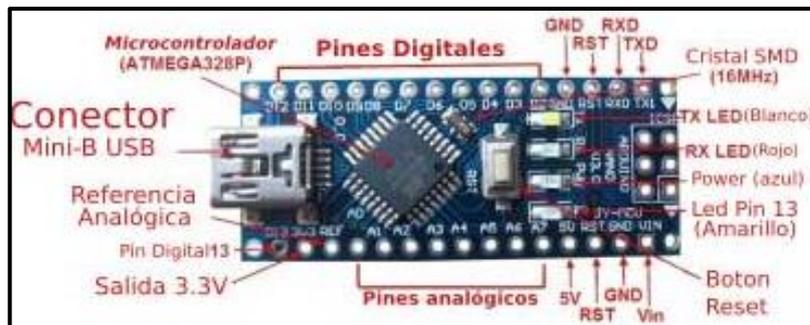


Figura 10. Características técnicas del Arduino



Figura 11. Placa de lectura de datos

- Conformación del Módulo con los Sensores

Para la instalación y montaje del sensor MQ-7, se identificó los pines de conexión con el fin de emitir el voltaje suficiente. Se conectó el pin de los sensores con los pines del Protoboard y seguidamente al pin DATA. Para iniciar la calibración se consideraron *Las curvas de calibración*, generando un código abierto mediante.



Figura 12. Sensor MQ-7 de medición de CO

El GP2Y1010AU0F es un sensor óptico que cuenta con la capacidad de realizar mediciones en el medio exterior, mediante el efecto de luz reflejada del polvo que se encuentra concentrada en el aire, de esta manera demostrando su capacidad y con un mínimo gasto energético. En este sentido, para la instalación de GP2Y1010AU0F conectamos el sensor directamente en la zona superior de la Protoboard seguidamente insertamos los 06 cables sin dejar espacio y sin alternar los mismos. Para luego proceder a posicionar la resistencia de 220 ohms en la primera columna hasta la columna 6 (Montoya, 2017).

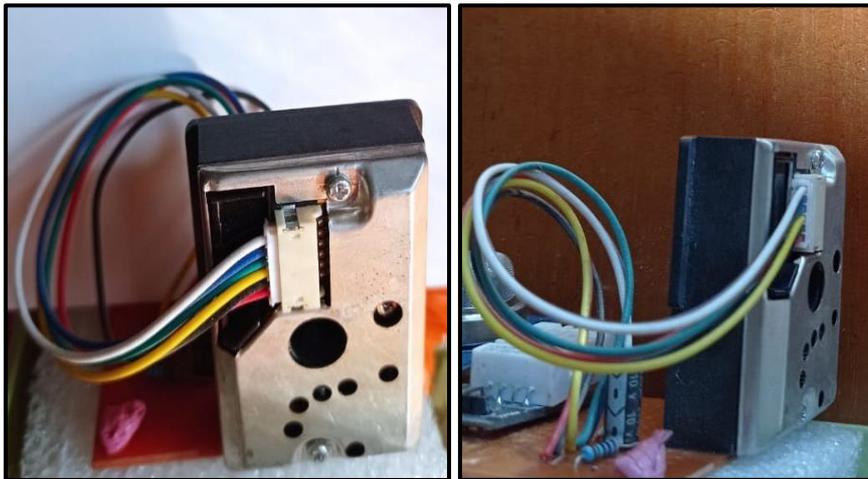


Figura 13. Sensor óptico modelo GP2Y1010AU0F

El sensor de humedad y temperatura DAHT22 AM2302 se instaló en el protoboard, mediante el soldaduras con estaño de plomo, este es un sensor que no depende de pines analógicos, su alta sensibilidad y precisión, con una capacidad de lectura desde $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), internamente ocupa una resistencia pull-up 5.1K; además, que su presentación dentro de un cuerpo de plástico lo hace accesible para su fácil manipulación durante su montaje (BricoGeek, 2021).

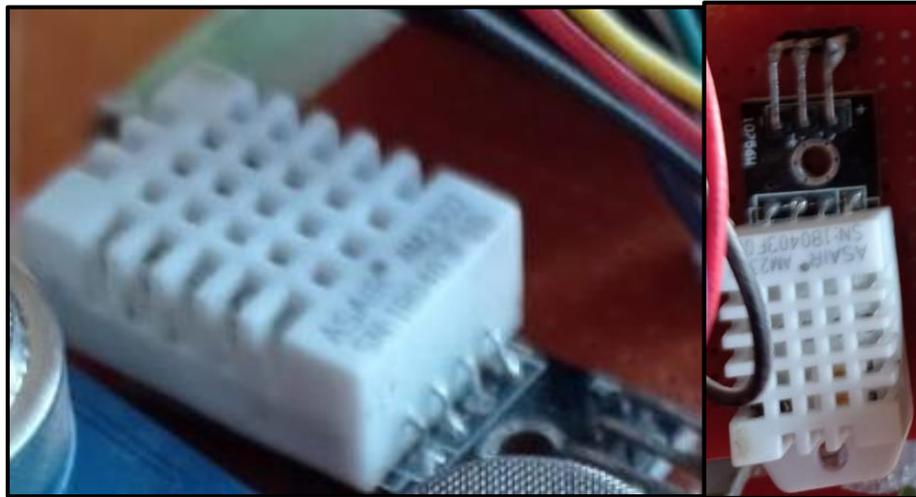


Figura 14. Sensor de AM2302

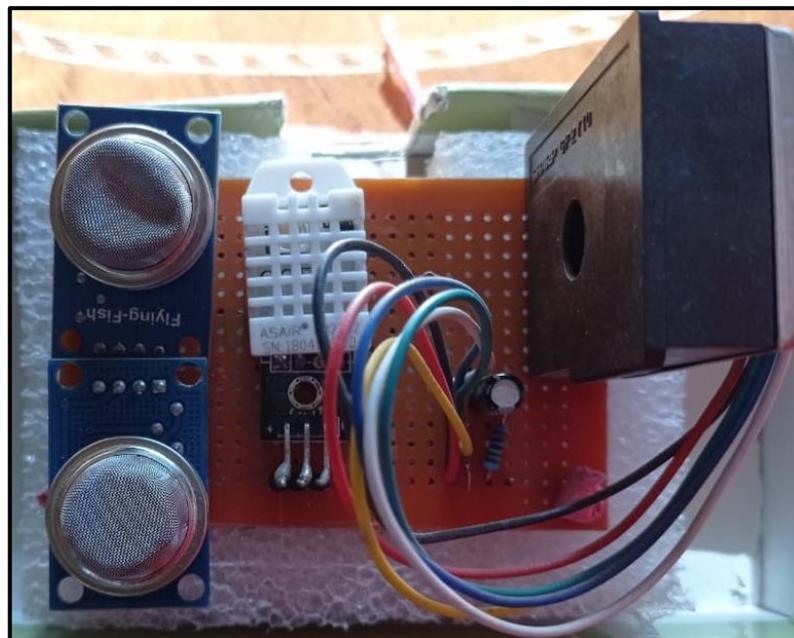


Figura 15. Placa de sensores integrado

Finalmente, se procedió conectar el data cable CAT.5e y lo conectamos al Protoboard que aguarda el Arduino, la pantalla OLED y el reloj RTC. Para que todo el sistema diseñado, se conecte al ordenador en la que se ejecutó los códigos y comandos desde el software libre Arduino que cumple la función de leer los pines, programar y calibrar los sensores.

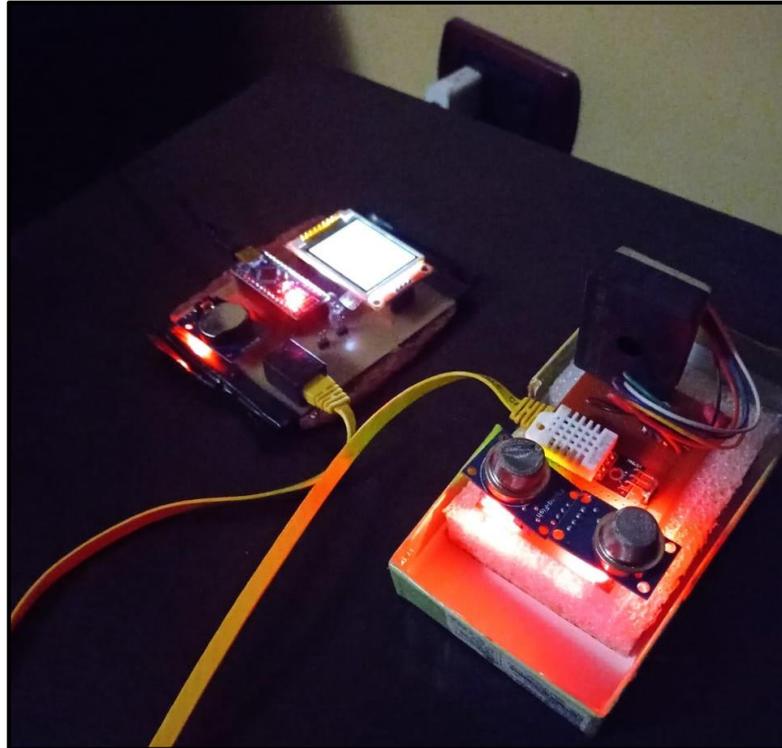


Figura 16. Monitor de medición de calidad del aire (Sistema Integrado)

3.5.2. Determinación de la concentración y el comportamiento espacio-temporal en base a los INCA del PM_{2.5} y CO en la calidad del aire en 6 principales tramos urbanos

3.5.2.1. Homologación del monitor de medición (óptico y electroquímico) de PM_{2.5} y CO

Para la calibración del monitor, se homologó mediante una comparación directa con dos equipos, (instalación de una estación) un Tren de Muestreo TM03 para determinar las concentraciones de monóxido de carbono y el equipo LOWVOL (muestreador de bajo volumen para partículas) para determinar las concentraciones de PM_{2.5}, ambos calibrados y certificados. Cuyo procedimiento consistió en la instalación de ambos equipos certificados en la avenida Mártires de 4 de noviembre por parte del laboratorio contratado. Paralelamente al monitoreo de los equipos certificados, se puso en funcionamiento el monitor de calidad ya desarrollado en el mismo tiempo y espacio que los equipos certificados. Seguidamente se analizaron datos obtenidos tanto de los equipos certificados por el método gravimétrico para el PM_{2.5} y por el método de solución química absorbente para el CO, de la misma forma se analizaron los resultados de las lecturas del monitor guardadas en su

memoria portátil, comparándolos y calibrándolos por el método numérico y algorítmico empleando el software Arduino (Rojas, 2019).

3.5.2.2. Medición de concentración de PM_{2.5} y CO

Para la medición se construyó un protector para el equipo de medición, en caso de eventos climáticos extremos, la cual no fue necesario utilizarlo. Procediéndose a instalarlo en los puntos de monitoreo de acuerdo a las normas y protocolos establecidos (DIGESA, 2005) a escala local, en las siguientes rutas:

- Tramo 1 Autopista Héroes del pacifico
- Tramo 2 Av. Huancané
- Tramo 3 Autopista Mártires del 4 de noviembre
- Tramo 4 Av. Tacna
- Tramo 5 Av. Circunvalación Este
- Tramo 6 Av. Circunvalación Oeste

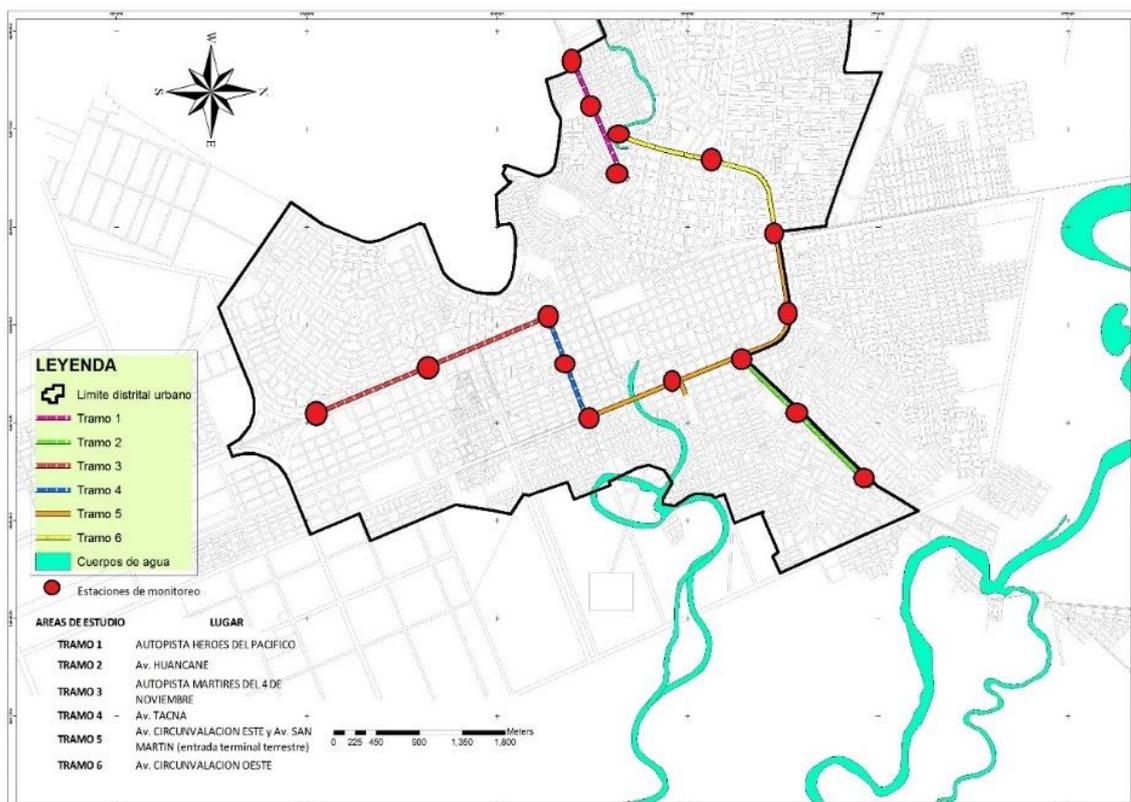


Figura 17. Distribución geográfica de los puntos de medición de PM_{2.5} y CO (Puntos de monitoreo)

3.5.2.3. Creación de mapas de comportamiento de predicción con Kriging

Para obtener el modelamiento del comportamiento espaciotemporal del aire, fue necesario realizar procedimientos geoestadísticos de nivel avanzado de esta manera generar mapas o superficies, con predicciones certeros y precisos. Siguiendo los siguientes pasos para lograrlo:

- Creación de semiovariograma/covarianza para obtener datos de dependencia estadística. Utilizando el Kriging ordinario, con transformación logarítmica. Observándose cruces azules que indican el promedio de los puntos o datos en color rojo

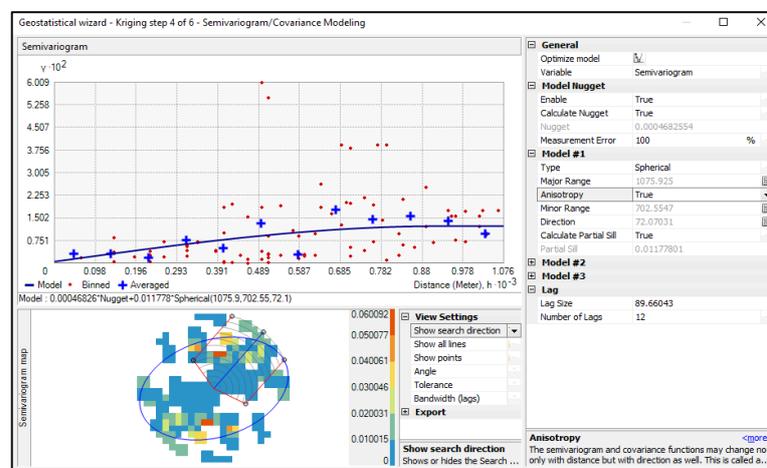


Figura 18. Semiovariograma de los datos

- Seguidamente trazar una sección del mapa del modelo de Kriging, de esta manera prediciendo resultados en base al promedio ponderado de datos más cercanos, constituyendo puntos máximos y mínimos. Finalmente dar salida al mapa final de comportamiento o predicción.

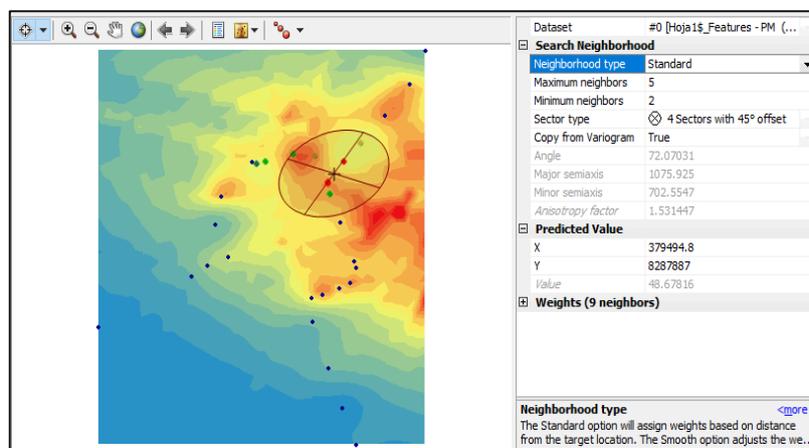


Figura 19. Mapa de búsqueda de mayor concentración de datos (searching neighborhood)

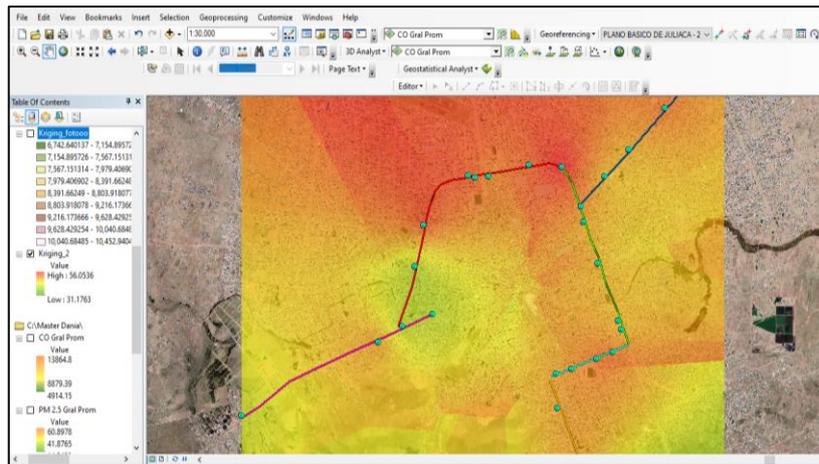


Figura 20. Mapa de comportamiento de las concentraciones

3.5.3. Comparación la relación existente entre la calidad del aire y el comportamiento espacio-temporal del PM_{2.5} y CO en 6 principales tramos urbanos en Juliaca-2021.

Luego de determinar las concentraciones de PM_{2.5} y CO, se procesaron la relación existente de los datos de las variables de estudio de la calidad del aire y el comportamiento espacio-temporal del PM_{2.5} y CO en 6 principales tramos urbanos en Juliaca, mediante la correlación de Pearson comparándolo con el grado de correlación según Bencardino (2012) en el programa InfoStat.

Grado de correlación de Pearson:

- Correlación perfecta, $r = 1$
- Correlación excelente, cuando r es mayor de 0.90 y menor de 1
- Correlación aceptable, cuando r se encuentra entre 0.80 y 0.90
- Correlación regular, cuando r se encuentra entre 0.60 y 0.80
- Correlación mínima, cuando r se encuentra entre 0.30 y 0.60
- No hay correlación para r menor de 0.30 y mayor a 0

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Implementación y homologación del monitor de medición (óptico y electroquímico) implementado con equipos certificados para PM_{2.5} y CO

Tabla 10

Datos obtenidos promedio obtenidos por el monitor (óptico y electroquímico) y equipos calibrados para PM_{2.5} y CO

Ítem	Monitor	Parámetros			
		PM 2.5 (ug/m ³)	CO (ug/m ³)	Humedad (%)	Temperatura (° C)
	Monitor de sensores				
1	óptico y electroquímico	42.87±0.7	8719.57±190	40.81±0.4	9.72±0.8
2	Low-vol	46.74±0.1	-	-	-
3	Tren de muestreo Estación		7538±202		
4	meteorológica Juliaca SENAMHI	-	-	41.6±0.3	7.21±1.19

Tabla 11

Repeticiones y desviación estándar de las concentraciones obtenidas de CO (determinado en un promedio de 8 h) y PM_{2.5} (determinado en un promedio de 24 h) de las estaciones de muestreos con equipos calibrados en la Av. Mártires 4 de noviembre

EQUIPOS	CO (ug/m ³)	PM _{2.5} (ug/m ³)
	Equipo tren de muestreo	Equipo Lowvol BGI
Repeticiones	7336	46.73
	7740	46.72
		46.9
		46.61
Promedio	7538	46.74
Desviación estándar	±202	±0.119

En la tabla 10 se muestra los valores promedios de $PM_{2.5}$ y CO obtenidos por el monitor de medición óptico en las que se obtuvieron $42.87 \pm 0.7 \text{ ug/m}^3$ valor que no excede las normas peruanas (ECA 50 ug/m^3) y valor aproximado por el equipo calibrado, y dentro del rango de valores de $36,89 - 49,92 \text{ ug/m}^3$ y un promedio de 45.24 ug/m^3 (24 horas) en el que Pacsi & Murriel (2018) obtuvieron en su investigación; por otro lado, se obtuvieron valores promedios de $8719.57 \pm 1.9 \text{ ug/m}^3$ por parte del monitor de medición no superando las normas peruanas ($10\ 000 \text{ ug/m}^3$), cuyos valores se aproximan a los obtenidos por el equipo calibrado Tren de muestreo y valores cercanos de 8229.92 ug/m^3 (8 horas) a los que Rudas (2013) obtiene en su investigación las cuales también fueron registradas en épocas de invierno. Infiriendo con tales resultados, que las concentraciones más altas se registran en las campañas de friaje o invierno influyendo los aspectos meteorológicos como radiación solar, la velocidad del viento y temperatura.

En la tabla 11, se muestran los valores de concentraciones de monóxido de carbono y material particulado 2.5, obtenidas de equipos calibrados como el tren de muestreo TM03 y Lowvol BGI, cuya estación se instaló en la Av. Mártires de 4 de noviembre, resultando concentraciones promedias para el CO de $7538 \pm 202 \text{ ug/m}^3$ en un lapso de 8 horas de monitoreo lo cual no sobrepasa los niveles de estándar de calidad de aire según D.S 003-2017, por otro lado las concentraciones de $PM_{2.5}$ de $46.74 \pm 0.119 \text{ ug/m}^3$ en un lapso de 24 horas de monitoreo lo cual no sobrepasa los niveles de estándar de calidad de aire según el D.S 003-2017 con una mínima proximidad al límite de los ECA aire, valores que son próximos a los que Hanco (2017) obtiene de 46.1 ug/m^3 en su investigación realizada en la ciudad de Juliaca mediante el uso del equipo Hi-Vol. Así mismo, se muestra las repeticiones realizadas por cada parámetro de monitoreo, donde se realizó dos repeticiones para el monóxido de carbono CO y cuatro repeticiones para el material particulado $PM_{2.5}$ en la misma estación de monitoreo. Una vez calibrado el monitor de medición, se utilizó para realizar las evaluaciones de calidad de aire en las 6 avenidas de estudio.

4.2. Determinación de la concentración y el comportamiento espacio-temporal en base a los INCA del PM_{2.5} y CO en la calidad del aire en 6 principales tramos urbanos.

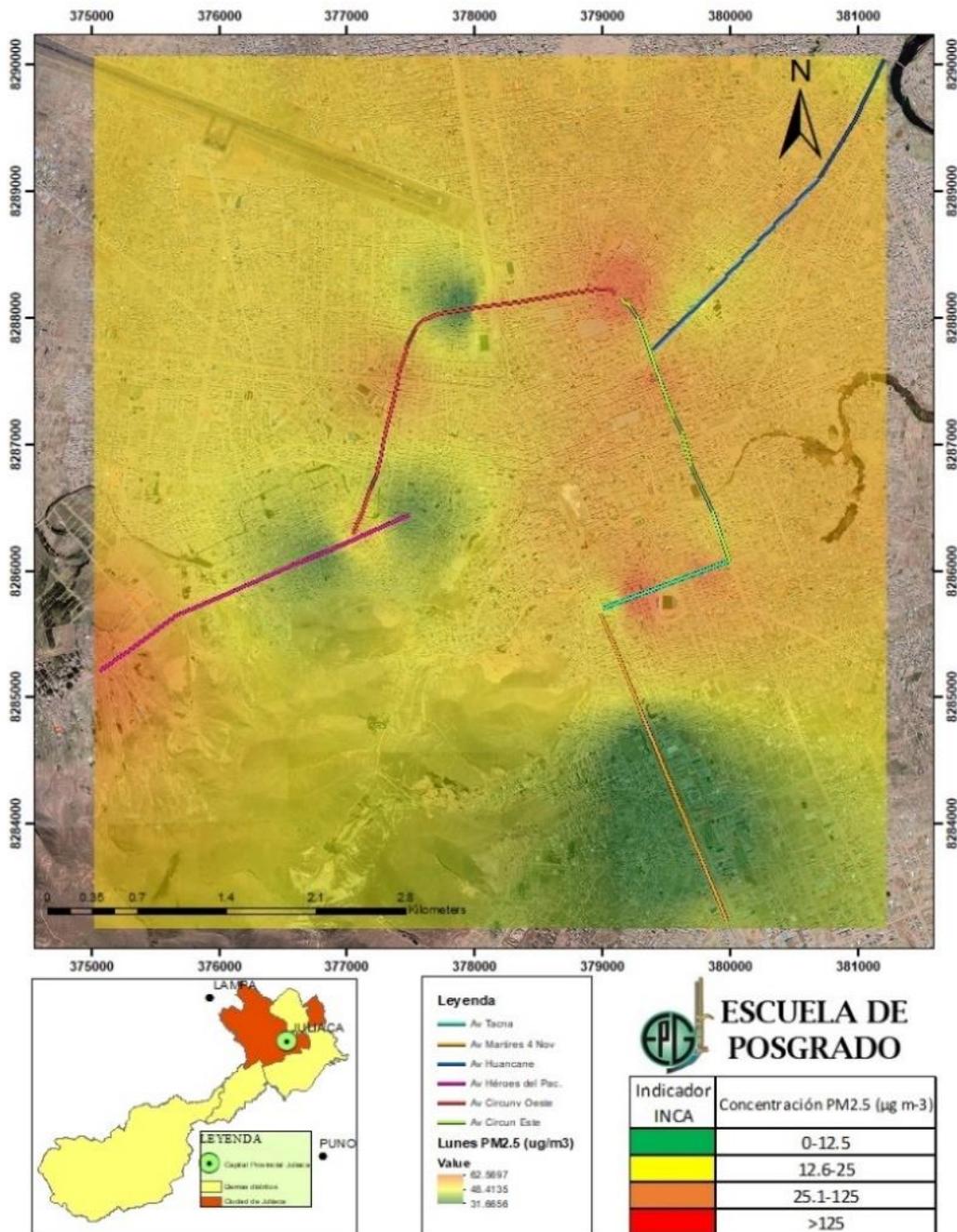


Figura 21. Mapas de comportamiento espacial PM_{2.5} (día lunes)

Tabla 12
Concentraciones de PM_{2.5} (día lunes)

Parámetro	Concentraciones mínimas (µg/m ³)	Concentraciones máximas (µg/m ³)	Concentraciones promedio (µg/m ³)
PM _{2.5}	31.38	62.58	50.4±6.09
Zona	Av. Mártires 4 de noviembre	Av. Circunvalación Este, Av. Tacna y Av. Héroes del Pacífico	Juliaca

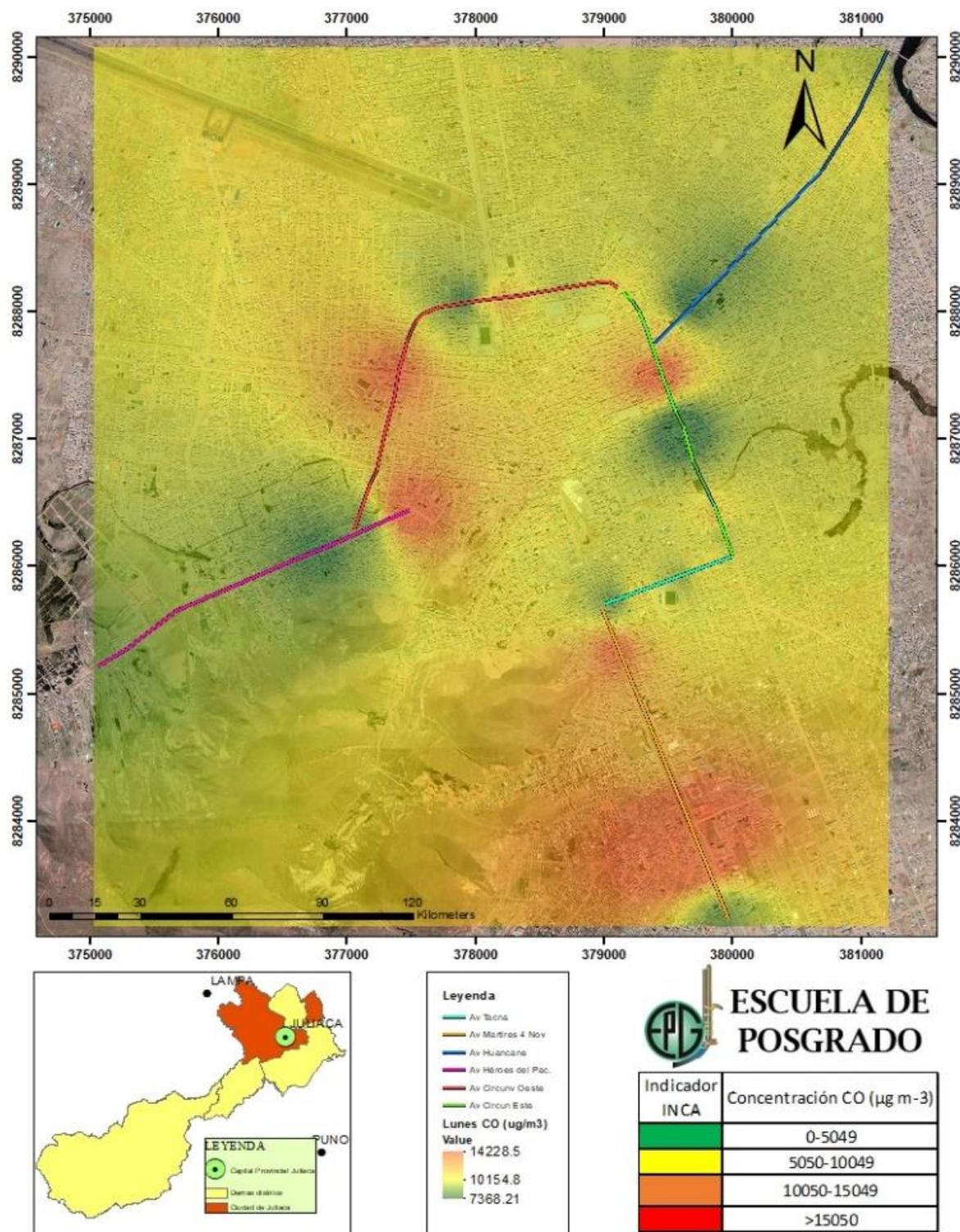


Figura 22. Mapas de comportamiento espacial CO (día lunes)

Tabla 13

Concentraciones de CO (día lunes)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g/m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g/m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g/m}^3$)
CO	7366.27	14 239.92	9951.9±1421.1
Zona	Av. Héroes del Pacífico	Av. Mártires 4 de noviembre, Av. Circunvalación Este	Juliaca

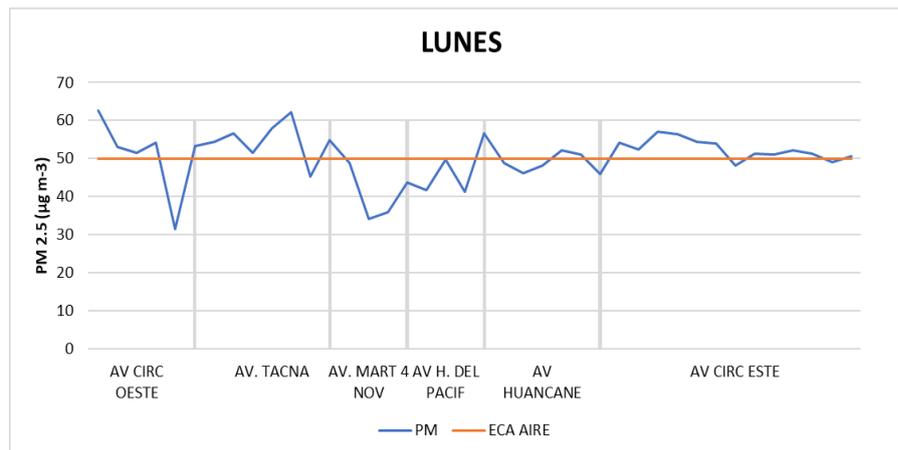


Figura 23. Comportamiento temporal PM_{2.5} (día lunes)

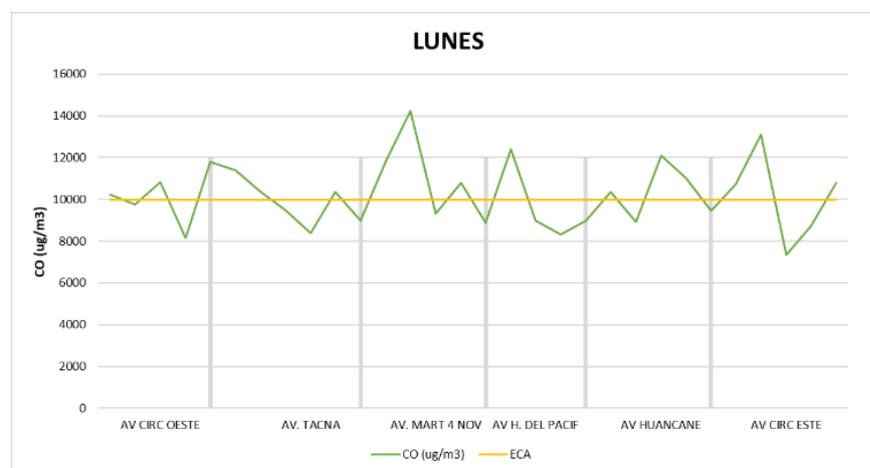


Figura 24. Comportamiento temporal CO (día lunes)

En la figura 21, figura 22 y tablas 12 y tabla 13 se muestra el mapa de comportamiento espacial y concentraciones de PM_{2.5} y CO respectivamente recolectada el día lunes, se observa las concentraciones de Material Particulado mayores en los puntos de la Av. Circunvalación Este, Av. Tacna y Av. Héroes de pacifico (al finalizar) con concentraciones máximas de 62.58 µg/m³ que sobrepasan los ECAs Perú (50 µg/m³) y los estándares de calidad internacionales de la USEPA y la OMS (10 µg/m³) y mínimas de 31.38 µg/m³, similares a los obtenidos por (Pacsi & Murriel, 2018) esto debido a tráfico urbano e interprovincial generado por el comercio. En ese sentido, las tendencias estadísticas muestran la disminución progresiva durante el día y un aumento en las horas puntas de la mañana y la tarde, confirmando lo mencionado por Huanca (2016) quien obtuvo resultados máximos de 57.3 µg/m³, trayendo como consecuencia sobre la salud como cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares los cuales están relacionados

en intervalos de cantidad de muertes y años de vida (Chang et al., 2016; Cohen et al., 2006).

Por otro lado, en las figura 23 y figura 24 se muestran las concentraciones de $PM_{2.5}$ y monóxido de carbono en los puntos de la Av. Mártires 4 de noviembre y Av. Circunvalación Este del Pacífico lugares donde se registran máximas concentraciones de CO monóxido de carbono durante todos los lunes de la semana con máximas de $14\ 239.92\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, se considera importante disminuir dichas concentraciones, por la exposición ante posibles afectaciones cardiovasculares y neuropsicológicos (D'Pool & García, 2021) y mínimas $7366.27\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ de esta manera demostrando la escasa preocupación por parte de la municipalidad en restaurar vías en estado deplorable, ocasionando que los vehículos tengan dificultades en el tráfico y emitan mayores cantidades de gases perjudiciales no solo para el medio ambiente, sino también para la salud, es por ello que son considerados problemas por las condiciones de infraestructura de las vías y por la estación del año, como lo menciona Pacsi (2016).

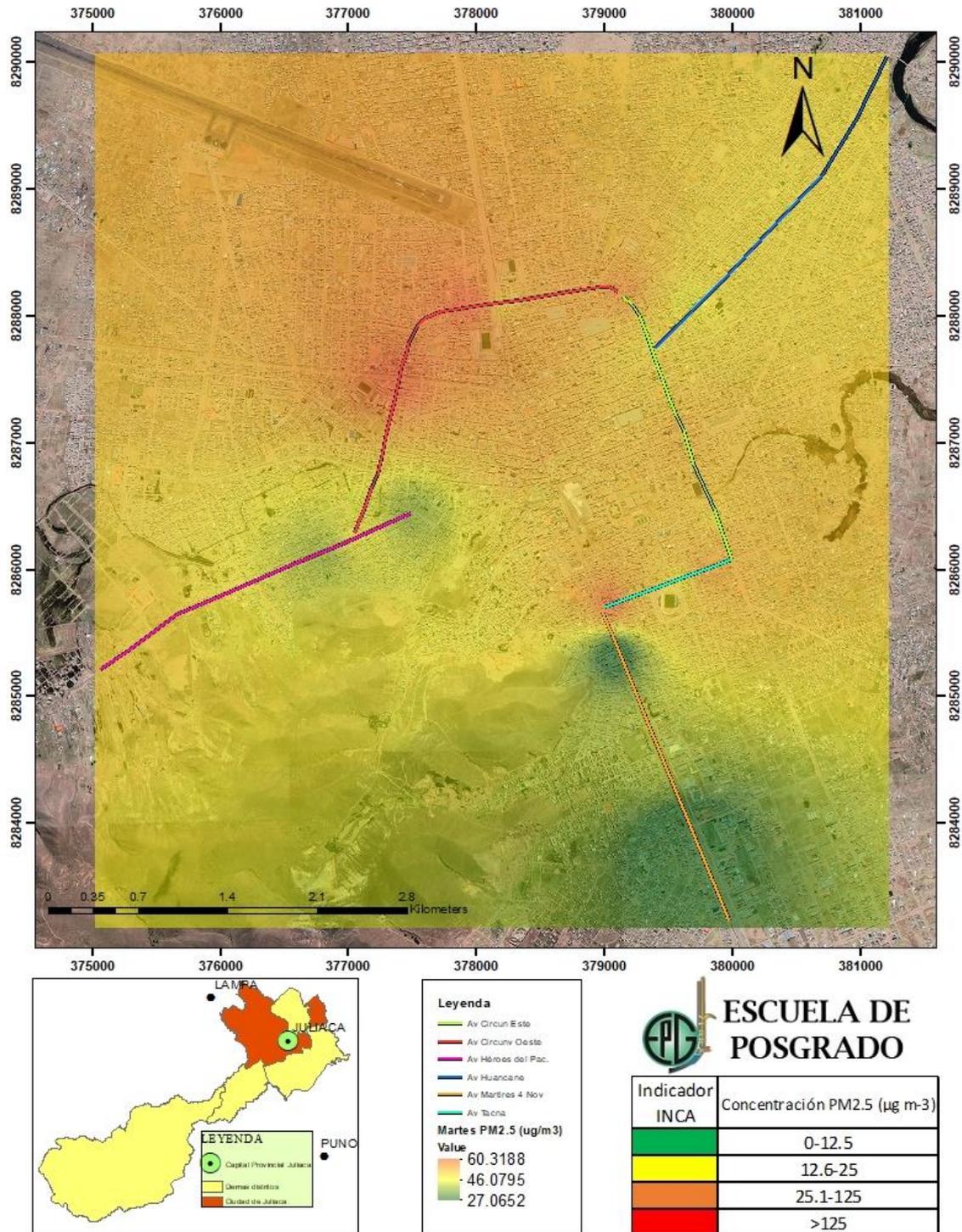


Figura 25. Mapas de comportamiento espacial $PM_{2.5}$ (día martes)

Tabla 14

Concentraciones de $PM_{2.5}$ (día martes)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$PM_{2.5}$	27.03	60.39	47.2 ± 7.03
Zona	Av. Mártires de 4 de noviembre	Av. Circunvalación Oeste	Juliaca

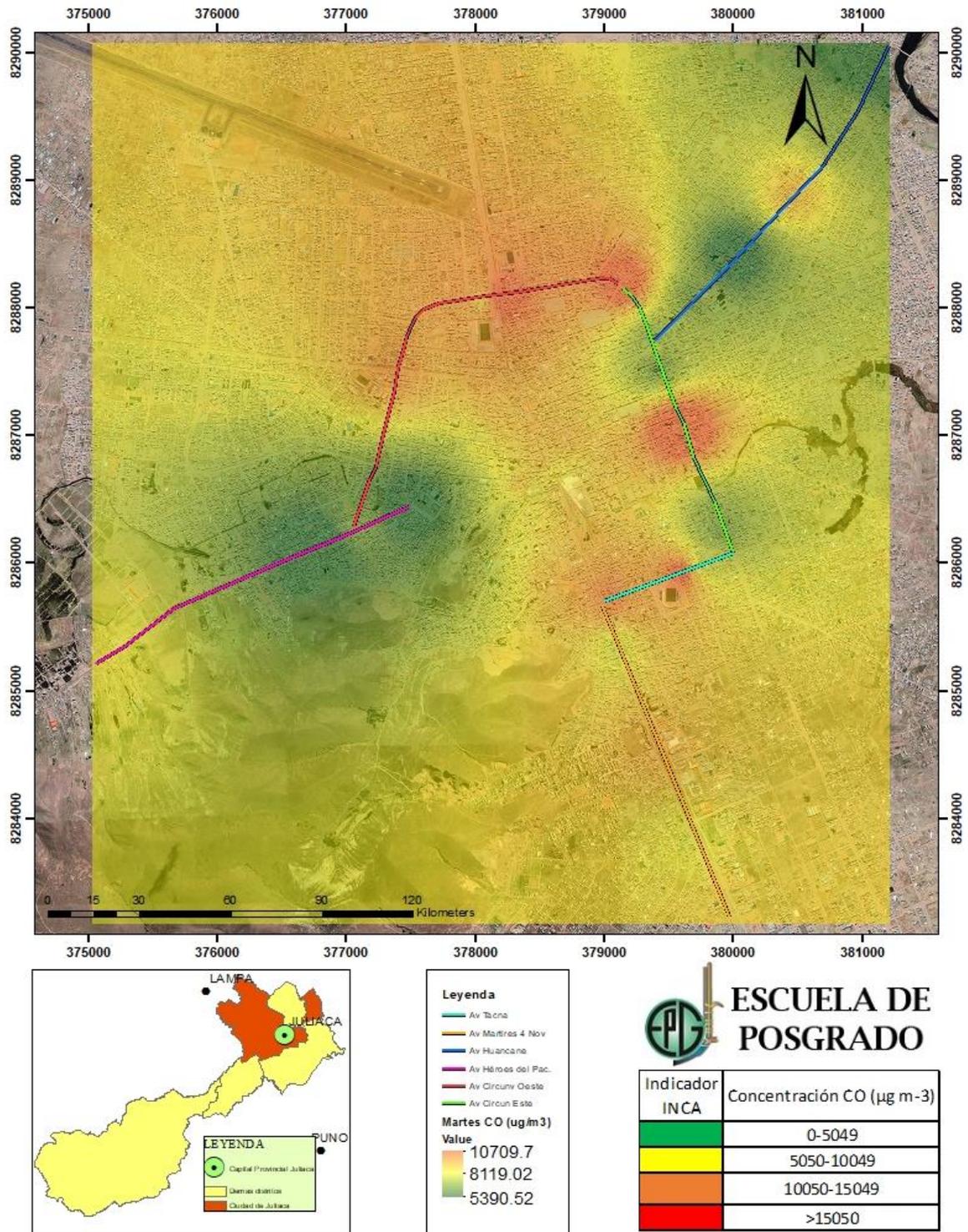


Figura 26. Mapas de comportamiento espacial CO (día martes)

Tabla 15

Concentraciones de CO (día martes)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	5075	12143.46	8261.34±1604.17
Zona	Av. Huancané	Av. Circunvalación Este	Juliaca

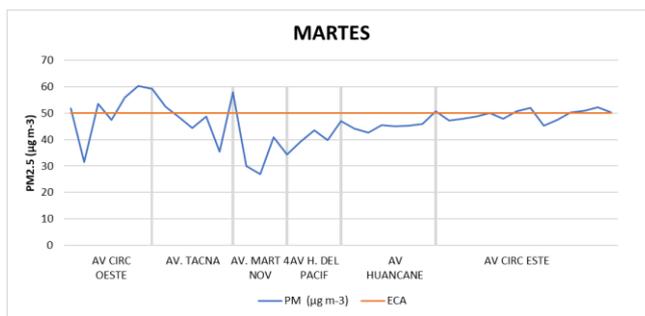


Figura 27. Comportamiento temporal PM_{2.5} (día martes)

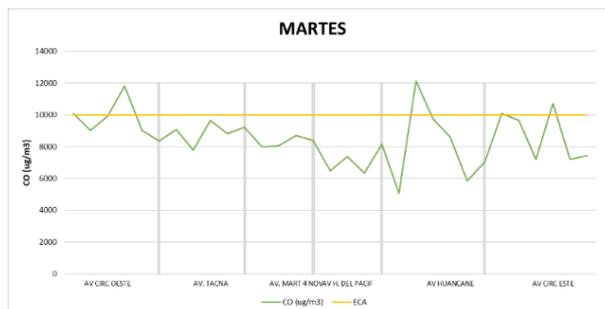


Figura 28. Comportamiento temporal CO (día martes)

En la figura 25, figura 26 y tabla 14, tabla 15; muestran el mapa de comportamiento espacial y las concentraciones de PM_{2.5} y CO para el día martes registrándose mayores concentraciones de PM_{2.5} en la Av. Circunvalación Oeste con concentraciones máximas a 60.39 µg/m³ sobrepasando los ECAs Aire (50 µg/m³) y los estándares internacionales (10 µg/m³) y con las concentraciones mínimas de PM_{2.5} en la Av. Mártires de 4 de noviembre con 27.03 µg/m³. Datos similares a las que obtuvo Huanca (2016) con 26.4 µg/m³ en la zona Sur-Este de la ciudad de Juliaca. Lo que significaría según los INCA – Aire una calidad Mala a Umbral de cuidado cuyas concentraciones del contaminante podría causar efectos en la salud como cáncer al pulmón, EPOC enfermedades pulmonar obstructiva crónica (Cohen et al., 2017; West et al., 2016) . Por otro lado, el registro de CO en el mapa se muestra con mayor contraste en la Av. Tacna, Av. Circunvalación Este y Circunvalación Oeste con concentraciones mayores a 10050 µg/m³ llegando a registrarse las concentraciones máximas de 12143.46 µg/m³ sobrepasando los ECA-Aire (10000 µg/m³) y significando según los INCA-Aire una calificación de calidad *mala* y llegando al *umbral de cuidado* lo que significaría que la población está expuesta ante posibles afectaciones cardiovasculares y neuropsicológicos (D'Pool & García, 2021). El mapa muestra claramente que las concentraciones del gas son menores en su dispersión con un mínimo de 5075 µg/m³ debido a la poca frecuencia de vehículos ligeros y pesados por la ciudad, debido a que los días martes en general, no son imprescindibles para el movimiento económico en la ciudad. Finalmente, la tendencia en las figuras 27 y 28, muestran que para este día las concentraciones de PM_{2.5} y CO sobrepasaron los ECA – Aire solo en dos zonas de la ciudad, el resto de los lugares cumplen con los ECA, por lo que no significa riesgo ni preocupación en la salud de la población.

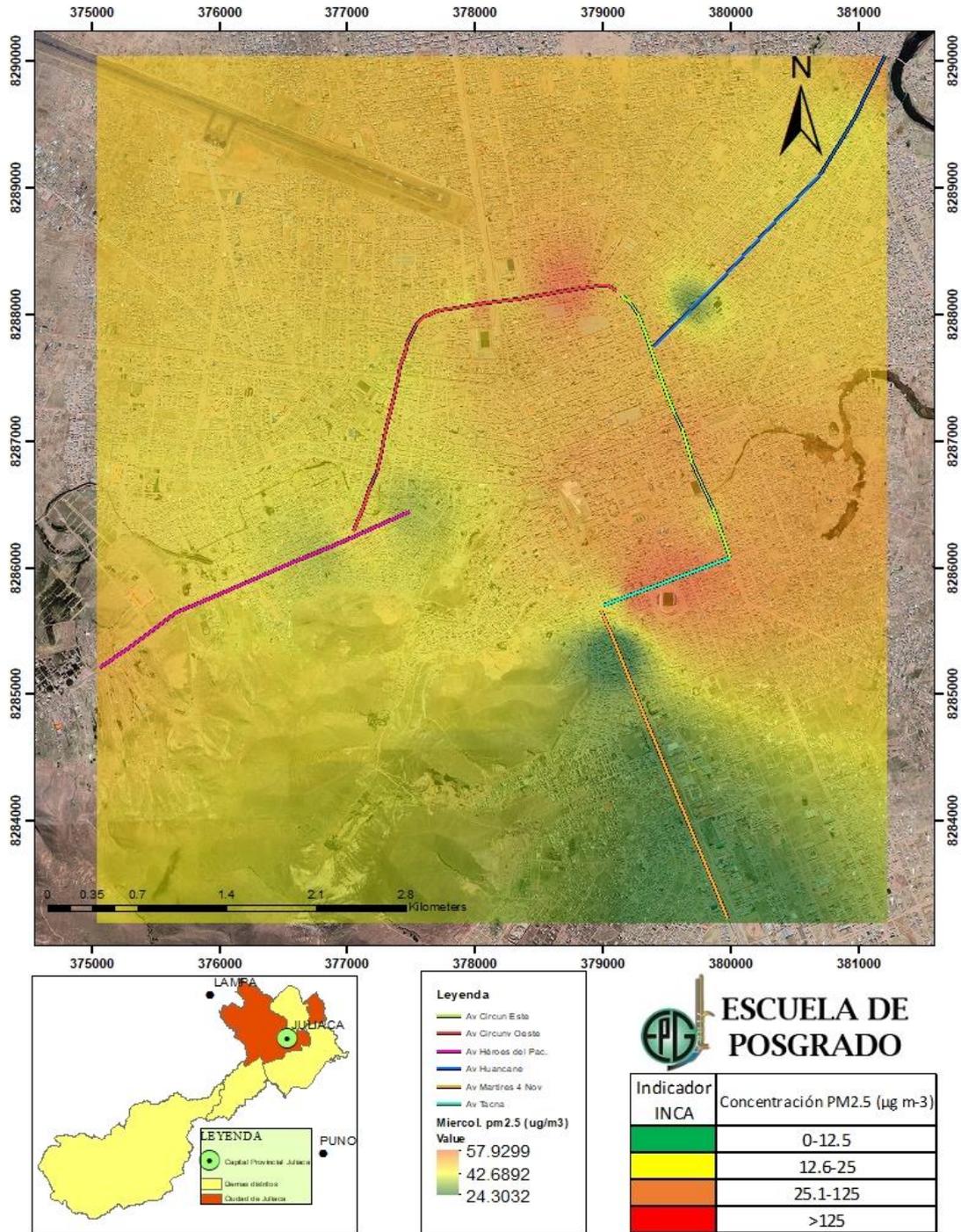
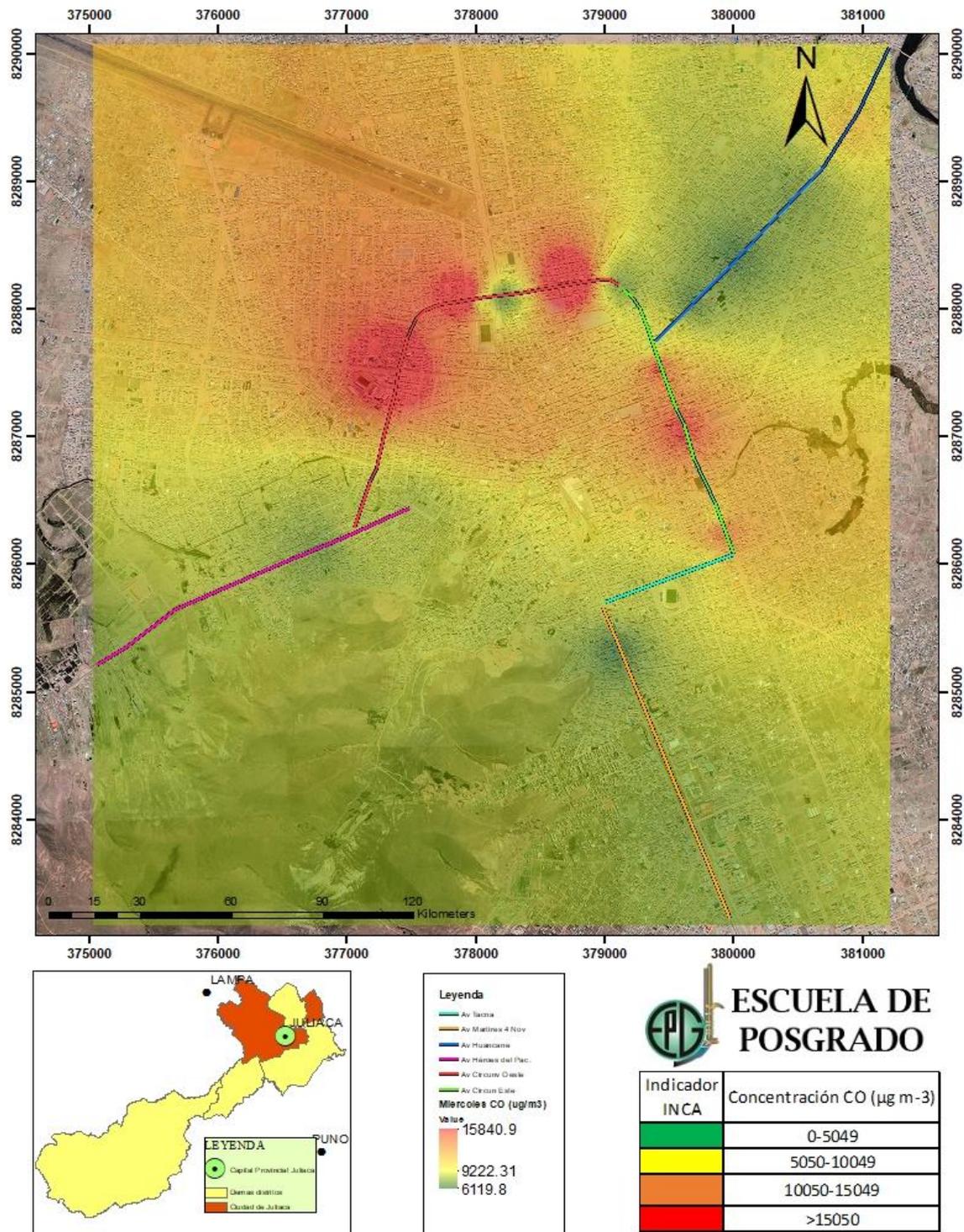


Figura 29. Mapas de comportamiento espacial $PM_{2.5}$ (día miércoles)

Tabla 16

Concentraciones de $PM_{2.5}$ (día miércoles)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$PM_{2.5}$	24.3	57.93	45.3 ± 7.4
Zona	Av. Mártires de 4 de noviembre	Av. Tacna y Circunvalación Oeste	Juliaca



ESCUELA DE POSGRADO

Indicador INCA	Concentración CO ($\mu\text{g m}^{-3}$)
	0-5049
	5050-10049
	10050-15049
	>15050

Figura 30. Mapas de comportamiento espacial CO (día miércoles)

Tabla 17

Concentraciones de CO (día miércoles)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	6094.6	15934.2	9199.9±2442.6
Zona	Av. Huancané	Av. Circunvalación Este y Oeste	Juliaca

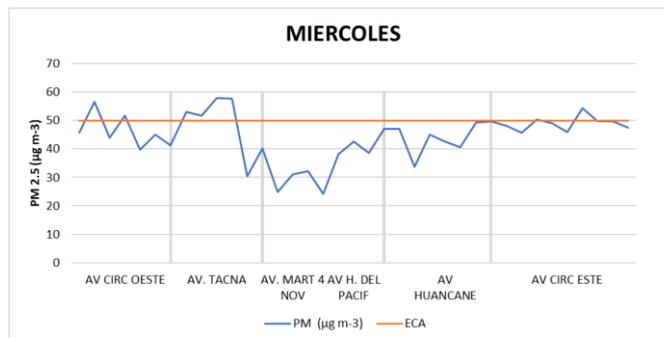


Figura 31. Comportamiento temporal PM_{2.5} (día miércoles)

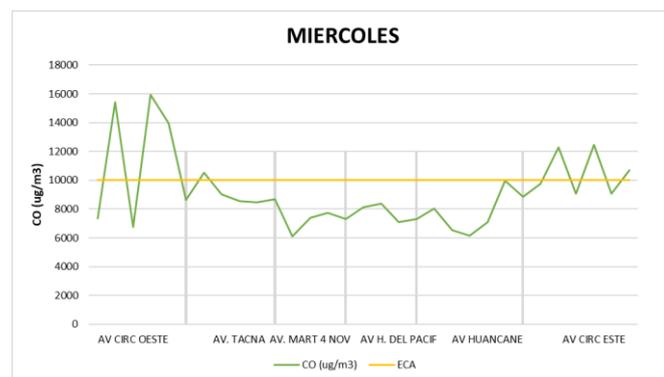


Figura 32. Comportamiento temporal CO (día miércoles)

En las figuras 29 y 30 como también en las tablas 16 y 17; muestran los mapas de comportamiento espacial de las concentraciones de PM_{2.5} y CO para el día miércoles registrándose mayores concentraciones de PM_{2.5} en la Av. Tacna y Circunvalación Oeste con las máximas concentraciones de 57.93 µg/m³ sobrepasando los ECAs aire (50 µg/m³) y estándares internacionales (10 µg/m³) asimilando los resultados obtenidos por Huanca, (2016) de 57.3 µg/m³ por inmediaciones de la Av. Héroe del Pacifico, cuyas condiciones físicas de mantenimiento de las vías son similares, en ambos estudios se encontró una sólida semejanza en sus resultados, en lo que no significaría estos datos como un riesgo a la salud a corto plazo. Del mismo modo se registró concentraciones mínimas de 24.3 µg/m³ coincidiendo con los resultados mínimos obtenidos por Mosqueira (2019) con 28.0 µg/m³ en horas intermedias de la mañana y de la tarde. Por otro lado, el registro de CO en el mapa nos muestra zonas con altas concentraciones de este gas llegando a un máximo de 15934.25 µg/m³ en las avenidas de Circunvalación Este y Oeste sobrepasando los ECA-Aire (10000 µg/m³), estos valores representarían la exposición de enfermedades cardiovasculares y neuropsicológicos (D'Pool & García, 2021) a personas que residen en tal lugar, no existiendo concentraciones mayores en otros puntos del mapa modelado, por el contrario se aprecia concentraciones tolerables de este gas en el resto de la ciudad de 6094.64 µg/m³ permitidos por las ECA-Aire, ese fenómeno se puede explicarse debido a que los gases emitidos de los vehículos son interferidos por la turbulencia provocada por los vehículos y la turbulencia del aire (Venegas & Mazzeo, 2013).

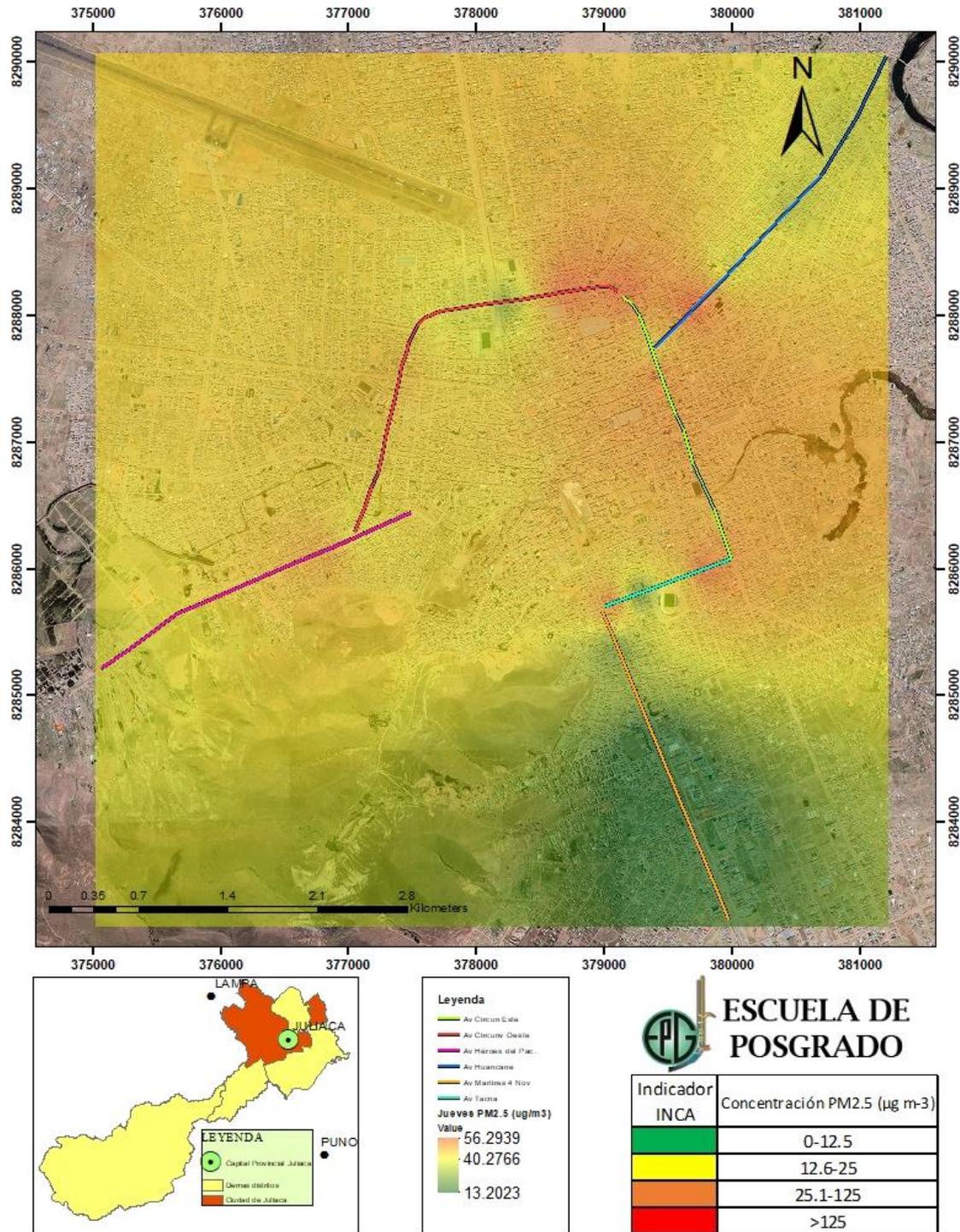


Figura 33. Mapas de comportamiento espacial PM_{2.5} (día jueves)

Tabla 18

Concentraciones de PM_{2.5} (día jueves)

Parámetro	Concentraciones mínimas (µg/m ³)	Concentraciones máximas (µg/m ³)	Concentraciones promedio (µg/m ³)
PM _{2.5}	25.00	57.62	45.3±7.4
Zona	Av. Mártires de 4 de noviembre	Av. Circunvalación Este	Juliaca

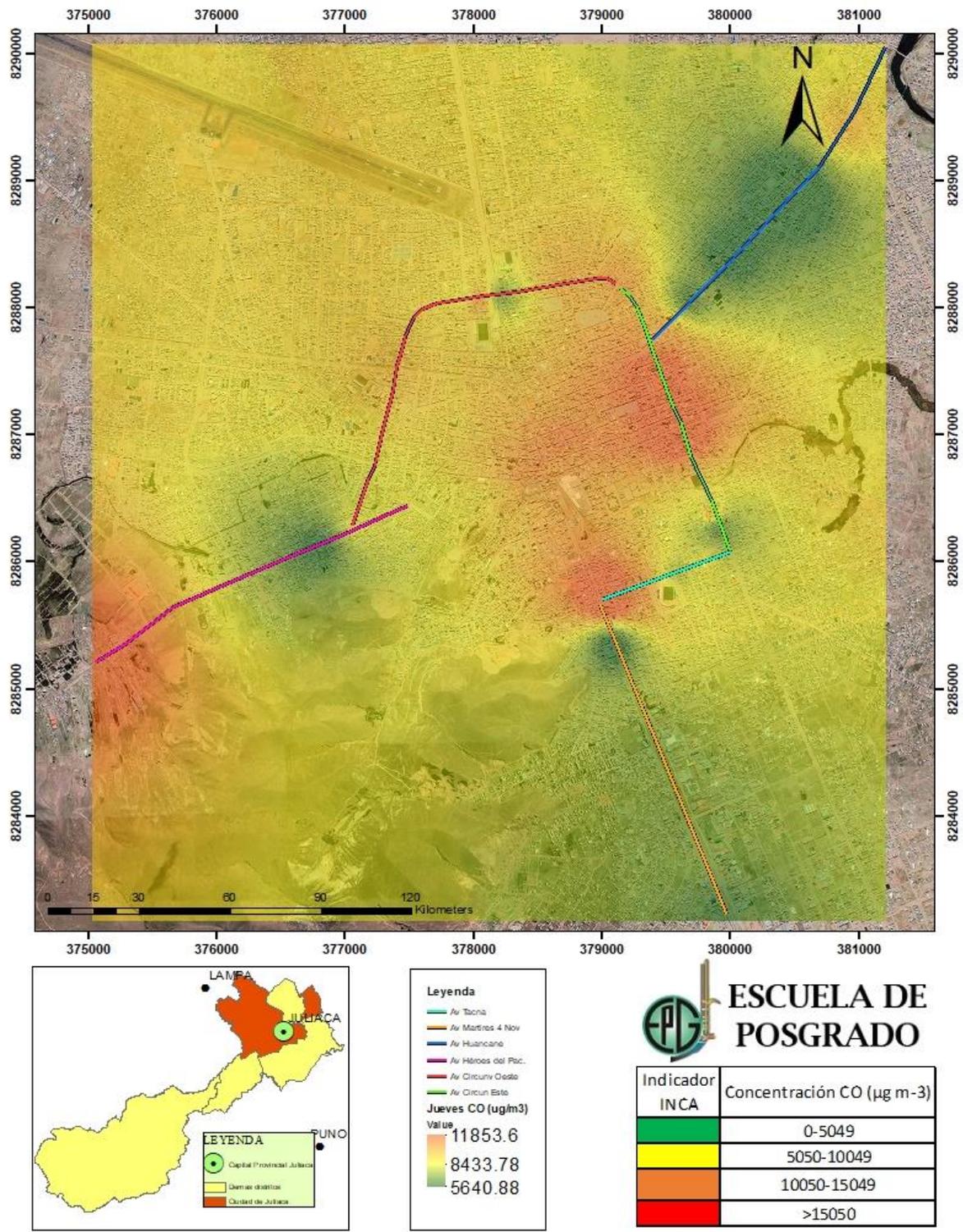


Figura 34. Mapas de comportamiento espacial CO (día jueves)

Tabla 19

Concentraciones de CO (día jueves)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	5636.4	11914.3	8487.9±1466.1
Zona	Av. Huancané	Av. Circunvalación Este y Oeste	Juliaca



Figura 35. Comportamiento temporal PM_{2.5} (día jueves)

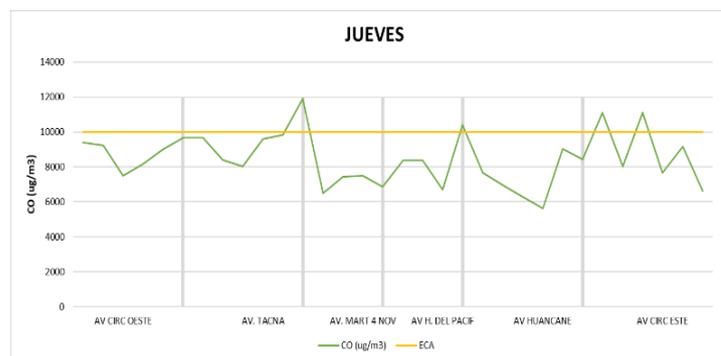


Figura 36. Comportamiento temporal CO (día jueves)

En las figuras 33 y 34, y tablas 18 y 19; muestran los mapas de comportamiento espacial y las concentraciones de PM_{2.5} y CO respectivamente para el día jueves registrándose máximas concentraciones de 57.62 µg/m³ en todo el trayecto de la Av. Circunvalación Este, sobrepasando ligeramente los ECA-Aire (50 µg/m³) obteniendo datos similares por Huanca (2016), por otro lado registrándose en su mayoría del mapa modelado concentraciones de 12.6 µg/m³ - 25 µg/m³ similares a los de Guevara (2017) con 16.41 µg/m³ con moderada contaminación cuya calidad del aire durante el día es aceptable, esto pudo haber sido debido a la baja frecuencia vehicular que se generan los días jueves durante el mes, lo cual no tendría una incidencia significativa en la salud de la población que reside en las avenidas estudiadas. También las concentraciones de CO en el mapa de comportamiento nos muestran concentraciones ligeramente fuertes, máximas de 11914.33 µg/m³ sobrepasando los ECA-Aire (10000 µg/m³) en las avenidas Circunvalación Este, Tacna y al finalizar la Av. Héroes del Pacifico se presencia los hornos de ladrilleras que a diario realizan sus actividades artesanales, significando una moderada exposición ante posibles afectaciones cardiovasculares y neuropsicológicas en niños y adultos residentes tal avenida estudiada, siendo mínimas en el resto de las avenidas estudiadas, con 5636.40 µg/m³ posicionándose en los índices de calidad del aire como *moderada*. Las bajas concentraciones también pueden ser explicadas a un fenómeno debido a que los gases emitidos de los vehículos son interferidos por la turbulencia provocada por los vehículos y la turbulencia del aire (Venegas & Mazzeo, 2013) que altere en los resultados finales.

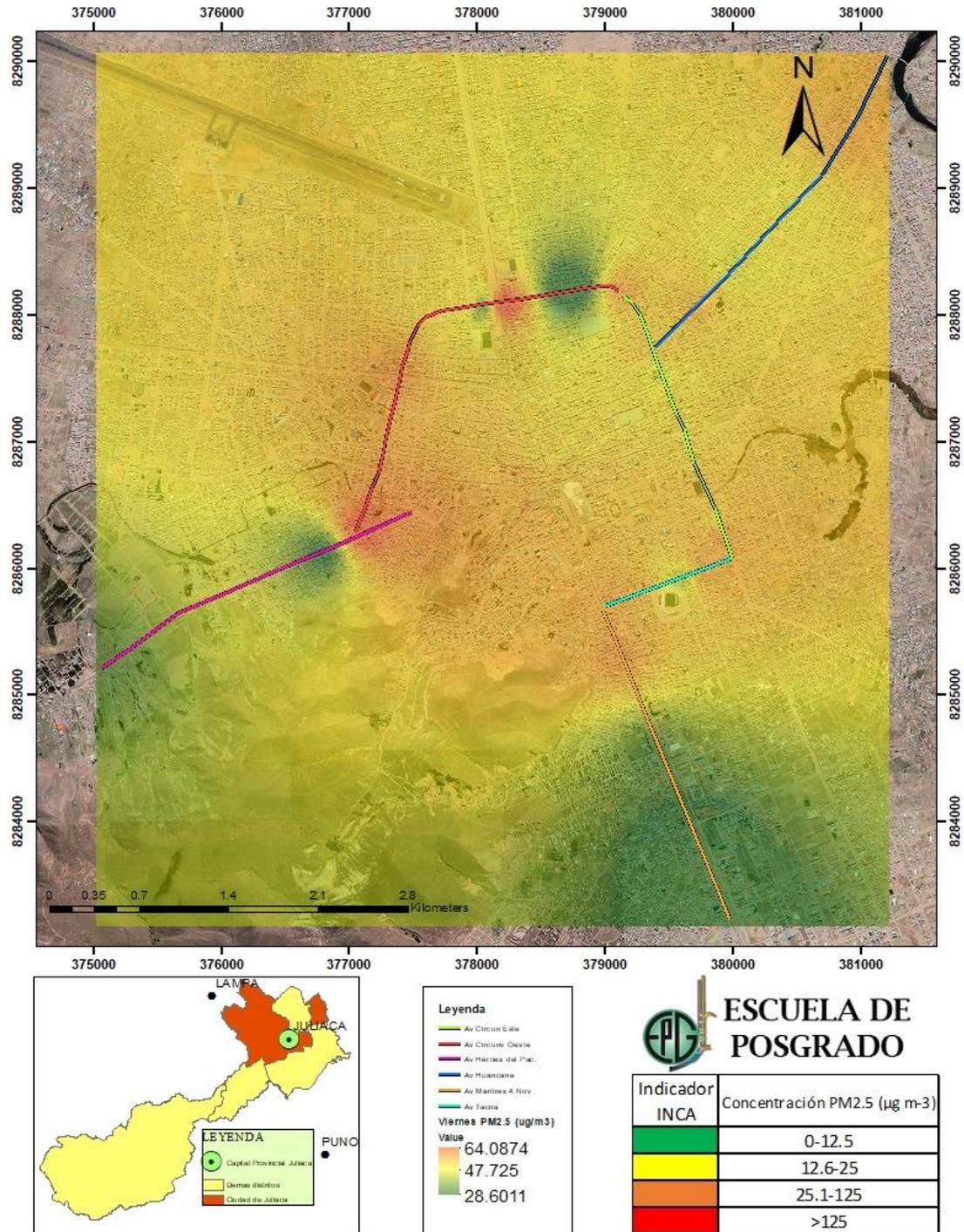


Figura 37. Mapas de comportamiento espacial PM_{2.5} (día viernes)

Tabla 20

Concentraciones de PM_{2.5} (día viernes)

Parámetro	Concentraciones mínimas (µg/m ³)	Concentraciones máximas (µg/m ³)	Concentraciones promedio (µg/m ³)
PM _{2.5}	43.15	64.49	48.3±7.3
Zona	Av. Mártires de 4 de noviembre	Av. Circunvalación Oeste, Av Héroes el Pacifico	Juliaca

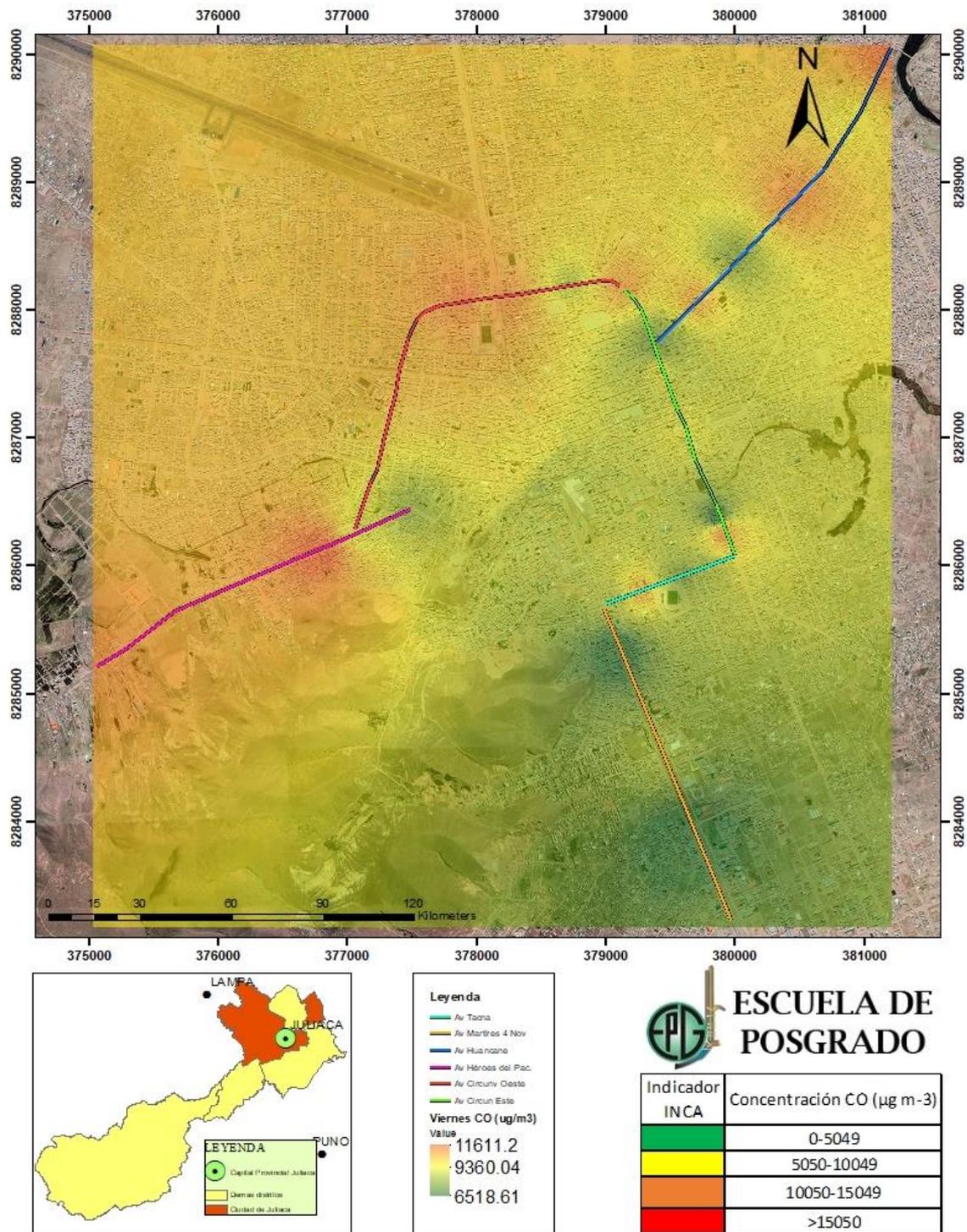


Figura 38. Mapas de comportamiento espacial CO (día viernes)

Tabla 21

Concentraciones de CO (día viernes)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	6037.36	11616.4	9348±1417.9
Zona	Av. Mártires 4 de noviembre	zona Nor-este y Nor-Oeste, Av. Oeste	Juliaca

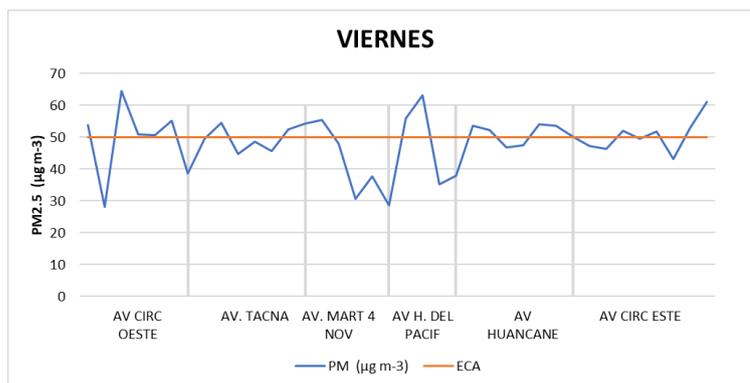


Figura 39. Comportamiento temporal PM_{2.5} (día viernes)

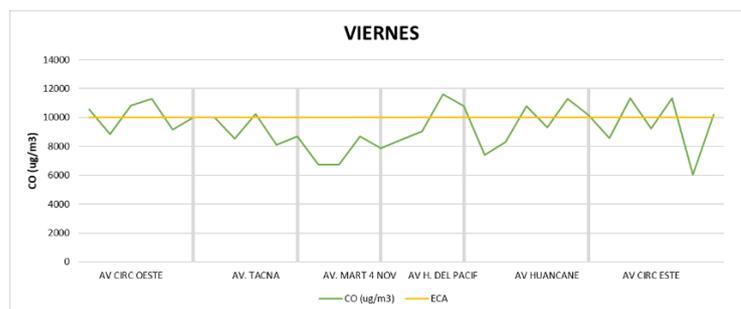


Figura 40. Comportamiento temporal CO (día viernes)

En las figura 37, 38 y tablas 20, 21; se muestran los mapas de comportamiento espacial y las concentraciones de PM_{2.5} y CO para el día viernes registrándose máximas concentraciones de PM_{2.5} de 64.49 µg/m³ en la mayoría de las avenidas estudiadas, resultados similares las obtuvo Trelles (2018) con 63.73 µg/m³ en las mismas épocas, sobrepasando los ECAs - aire (50 µg/m³) y estándares internacionales (10 µg/m³), estos resultados en el modelamiento se deben a las altas congestiones vehiculares que generan los fines de semana, los viajes interprovinciales especialmente en las salidas (aeropuerto) o conos de la ciudad, posicionándose en los valores INCA-Aire como *mala* cuyos riesgos pueden generar infecciones respiratorias en niños y adultos, y que contaríamos como consecuencias enfermedades pulmonares, con posibles disminuciones en el ritmo de inspiración pulmonar a corto plazo (Linares & Díaz, 2009) y concentraciones mínimas de 43.15 µg/m³ en la Av. Mártires 4 de noviembre. Por otro lado, las concentraciones de CO también se ven dispersadas con mayor nitidez en la zona Nor-este y Nor-Oeste (salida Cuzco) registrándose máximas concentraciones de 11616.48 µg/m³ sobrepasando los ECA-Aire (10000 µg/m³), lo cual no resultaría trascendental en la salud pública; siendo mínimas las concentraciones en Av. Mártires 4 de noviembre con 6037.36 µg/m³. En la tendencia estadística (figura 34 y 35) podemos observar las variaciones constantes de concentraciones tanto para PM_{2.5} y el CO en las 6 avenidas estudiadas, no contando con valores altos significativos. Cabe resaltar que, los resultados de monóxido de carbono así como la presencia de material particulado varía en razón al lugar, día y hora (García et al., 2018) como también ser alterados debido a estructuras como árboles y edificios (Venegas & Mazzeo, 2013).

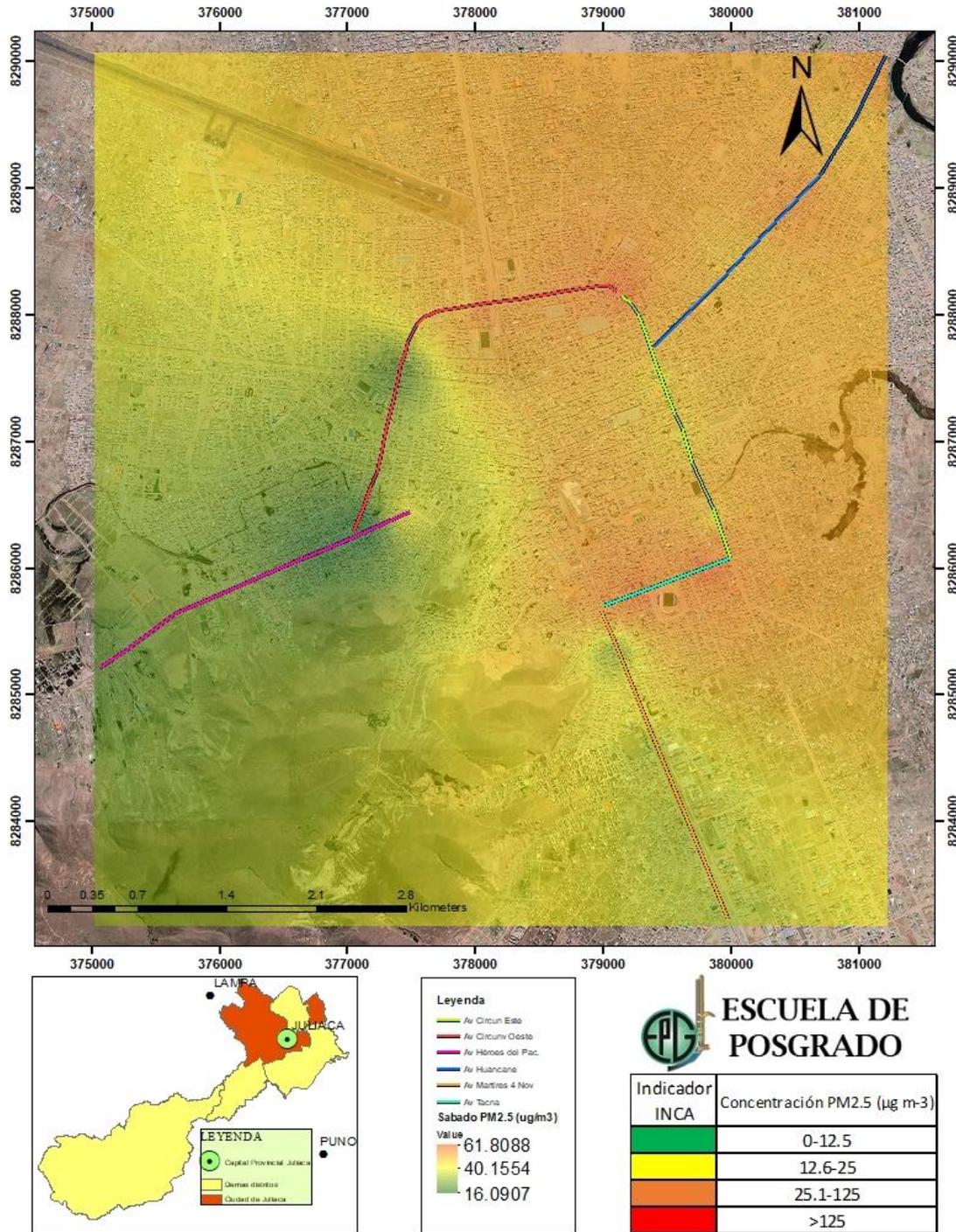


Figura 41. Mapas de comportamiento espacial $\text{PM}_{2.5}$ (día sábado)

Tabla 22

Concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ (día sábado)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$\text{PM}_{2.5}$	16.09	61.84	47.5±9.9
Zona	Av. Circunvalación Oeste, Av. Héroes el Pacifico	avenidas Huancané, Av. Tacna, Av. Circunvalación Este	Juliaca

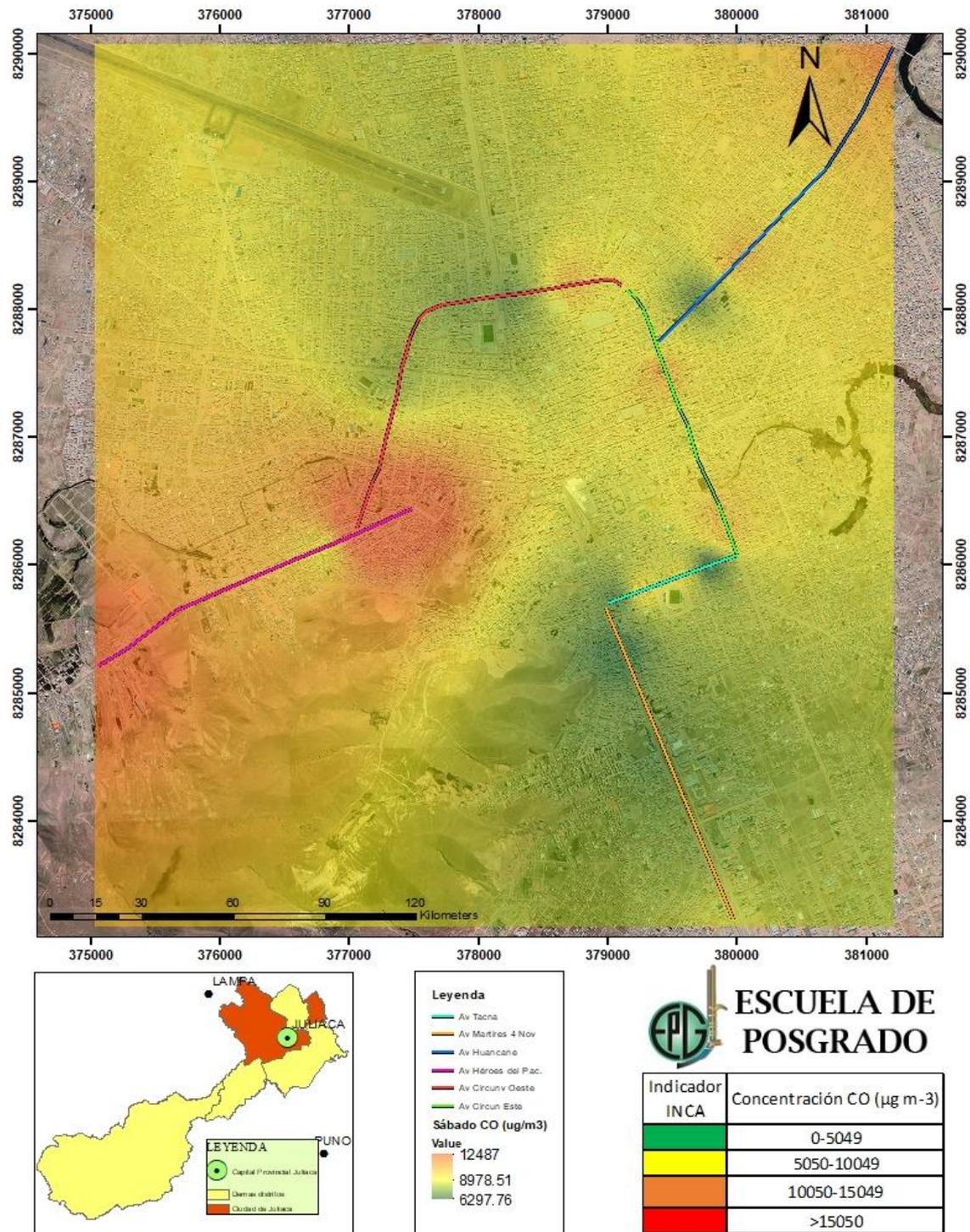


Figura 42. Mapas de comportamiento espacial CO (día sábado)

Tabla 23

Concentraciones de CO (día sábado)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g/m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g/m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g/m}^3$)
CO	6287.9	12487.14	8873.4±1470.2
Zona	Av. Mártires 4 de noviembre	Av. Héroes del Pacifico	Juliaca

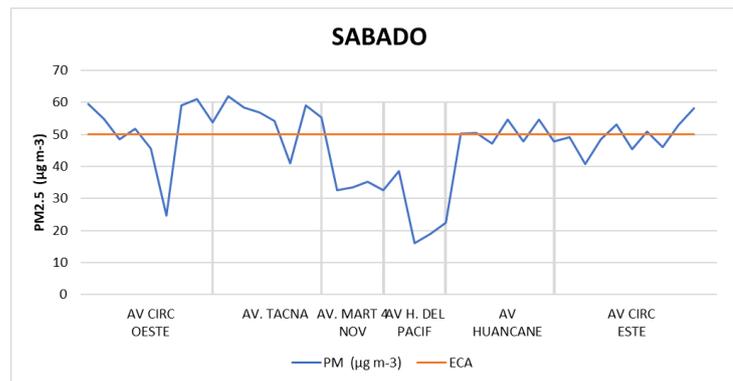


Figura 43. Comportamiento temporal PM_{2.5} (día sábado)

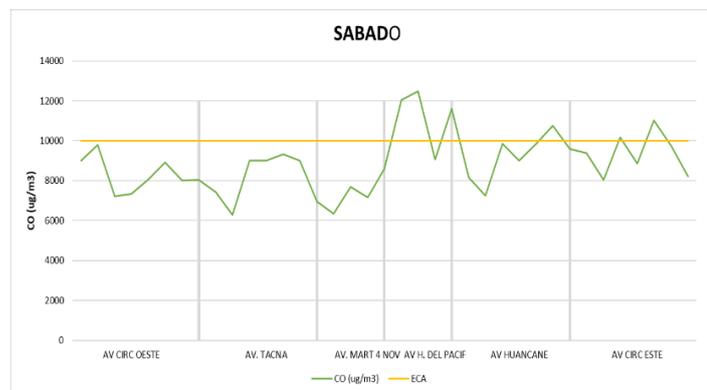


Figura 44. Comportamiento temporal CO (día sábado)

En las figuras 41, 42 y tablas 22, 23; se muestran los mapas de comportamiento espacial y las concentraciones de PM_{2.5} y CO para el día sábado, registrándose máximas concentraciones de PM_{2.5} de 61.84 µg/m³ en la zona Este y Norte de la ciudad, en las avenidas Huancané, Av. Tacna, Av. Circunvalación Este y Oeste, datos similares obtenidos por Motocanche Ayala (2019) con 63.04 µg/m³ alegando la influencia de la temperatura y velocidad del viento (2.5 m/s) y Trelles (2018) con 63.73 µg/m³, sobrepasando los ECAs aire (50 µg/m³) y estándares internacionales (10 µg/m³) y posicionándose en los INCA-Aire como calidad de aire *mala*, exponiendo a los pobladores de enfermedades respiratorias con efectos adversos en la salud pública de los residentes y transeúntes como EPOC, cardiopatía isquémica y ACV isquémico (Becerra & Ramos, 2020; Cohen et al., 2017; West et al., 2016), debido a las condiciones físicas deterioradas de las vías de pavimento flexible, la congestión vehicular por las salidas interprovinciales. También se registran concentraciones mínimas de 16.09 µg/m³ en el resto de la ciudad del mapa modelado. Por otro lado, la concentración de CO se registra con mayor presencia en la Av. Héroes del Pacífico (salida Arequipa) con máximos de 12487.14 µg/m³ valores que indican la alta actividad de producción de ladrillos con hornos artesanales (sin filtros) exponiendo a vecinos residentes a enfermedades y muertes prematuras por la contaminación del aire (OMS, 2016); sin embargo, se registra valores mínimos en el resto del mapa modelado (Av. Mártires 4 de noviembre) con 6287.9 µg/m³ denotando el bajo tráfico vehicular por las avenidas monitoreadas.

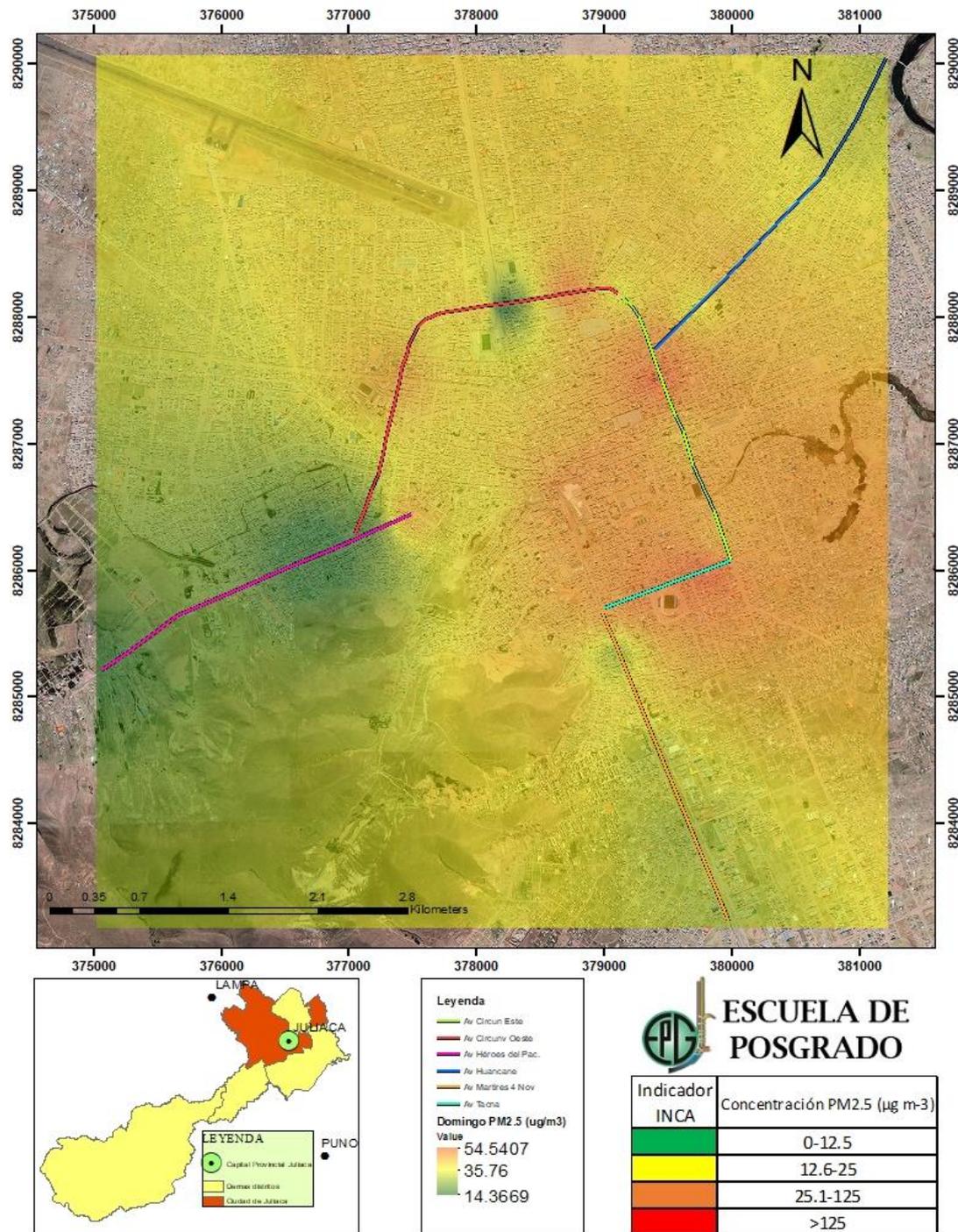


Figura 45. Mapas de comportamiento espacial PM_{2.5} (día domingo)

Tabla 24

Concentraciones de PM_{2.5} (día domingo)

Parámetro	Concentraciones mínimas (µg/m ³)	Concentraciones máximas (µg/m ³)	Concentraciones promedio (µg/m ³)
PM _{2.5}	14.34	58.59	40.5±10.09
Zona	Av. Héroes el Pacifico	Av. Tacna, Av. Circunvalación Este	Juliaca

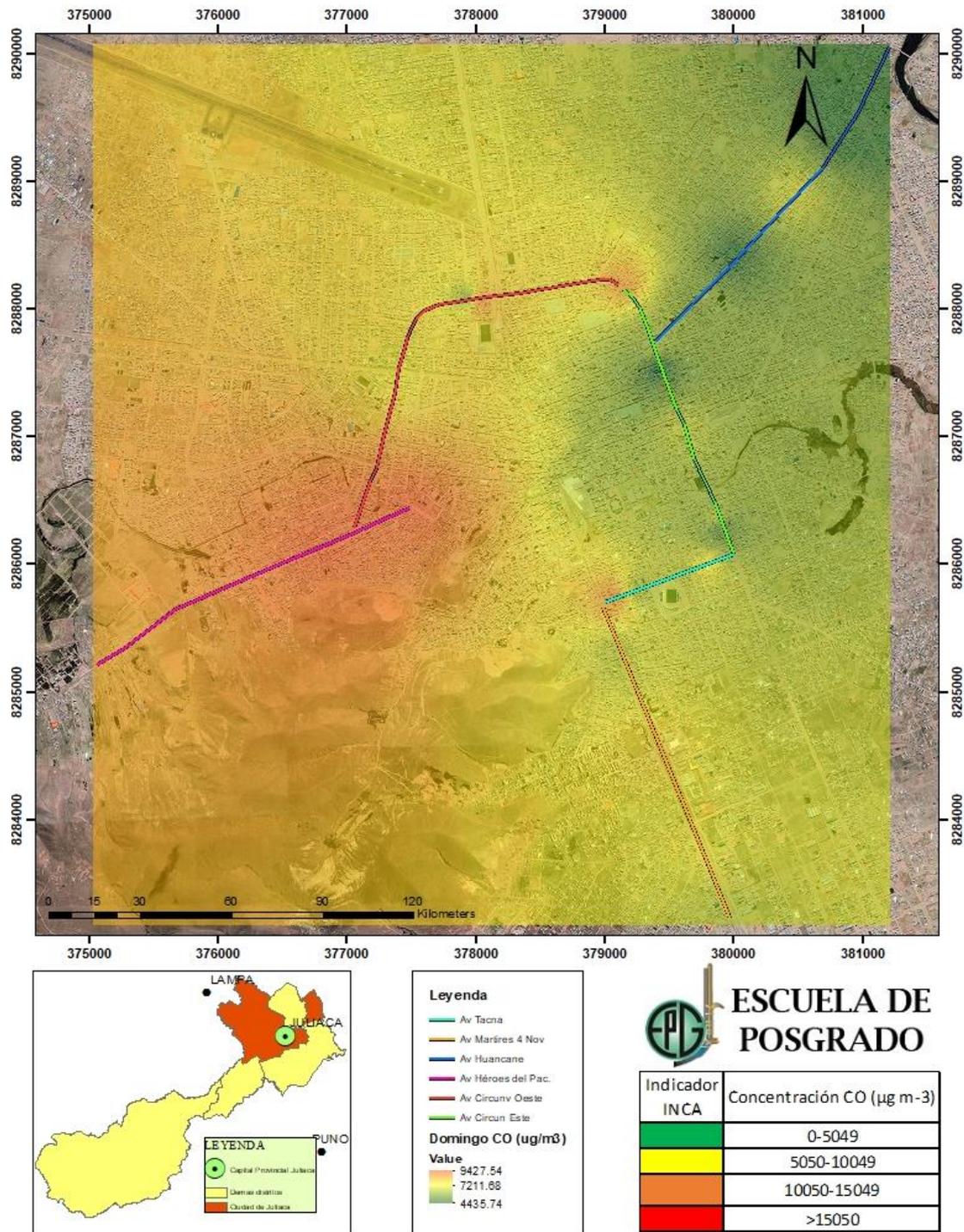


Figura 46. Mapas de comportamiento espacial CO (día domingo)

Tabla 25

Concentraciones de CO (día domingo)

Parámetro	Concentraciones mínimas ($\mu\text{g/m}^3$)	Concentraciones máximas ($\mu\text{g/m}^3$)	Concentraciones promedio ($\mu\text{g/m}^3$)
CO	3035.8	9428.3	6805.2±1587.2
Zona	Av. Huancané y Av. Circ. Este	Av. Héroes del pacifico	Juliaca

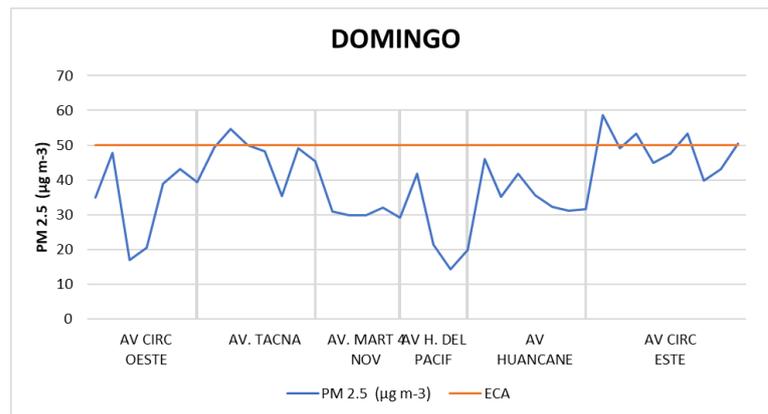


Figura 47. Comportamiento temporal PM_{2.5} (día domingo)

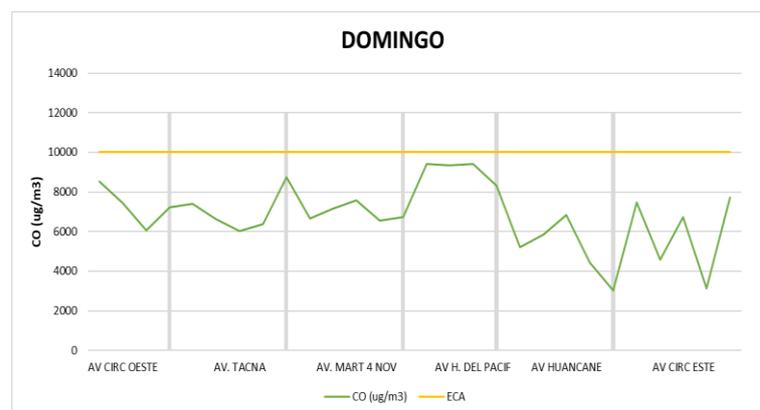


Figura 48. Comportamiento temporal CO (día domingo)

En las figuras 45, 46 y 24, 25; se muestran los mapas de comportamiento espacial de las concentraciones de PM_{2.5} y CO para el día domingo, registrándose máximas concentraciones de PM_{2.5} de 58.59 µg/m³ en las avenidas Circunvalación Este y Av. Tacna sobrepasando ligeramente los ECAs aire (50 µg/m³) y estándares internacionales (10 µg/m³) valores coincidentes con los estudios de Huanca (2016) y Wang et al. (2017) cuyos valores obtenidos fueron de 60 µg/m³ y mínimos valores registrados de 14.34 µg/m³; valor obtenido cercano a la de Triantafyllou et al., (2020) con 15 µg/m³, alegando que estos mínimos valores se debe al clima cálido, siendo mayores los valores en climas fríos; en ambos casos posicionándose en los valores INCA como *moderada* siendo el aire de los días domingos como aceptable, debido a su baja frecuencia de vehículos, bajos movimientos en los viajes, menos actividad en general por parte del poblador. En ese sentido estos resultados, representarían inocuas para la salud pública durante los días domingos en promedio, al presentarse bajos niveles de material particulado PM_{2.5}. Por otro lado, las concentraciones de CO en el mapa de comportamiento espacial nos confirman una baja dispersión del gas con datos máximos de 9428.36 µg/m³ y mínimas de 3035.8 µg/m³ no sobrepasando los ECA-Aire (10000 µg/m³) y posicionándose en los valores INCA-Aire como calidad de aire *buena - moderada*. Para ambos casos las concentraciones fueron más altas en horas de la mañana y al atardecer debido al tráfico vehicular diario (Fonseca, 2013).

4.3. Determinación de la relación existente entre la calidad del aire y el comportamiento espacio-temporal del CO y PM_{2.5}

Tabla 26

Correlación de los parámetros de estudio

Parámetro	Resultado de correlación
Concentraciones CO – calidad del aire	0.82
Concentraciones PM _{2.5} – calidad del aire	0.57

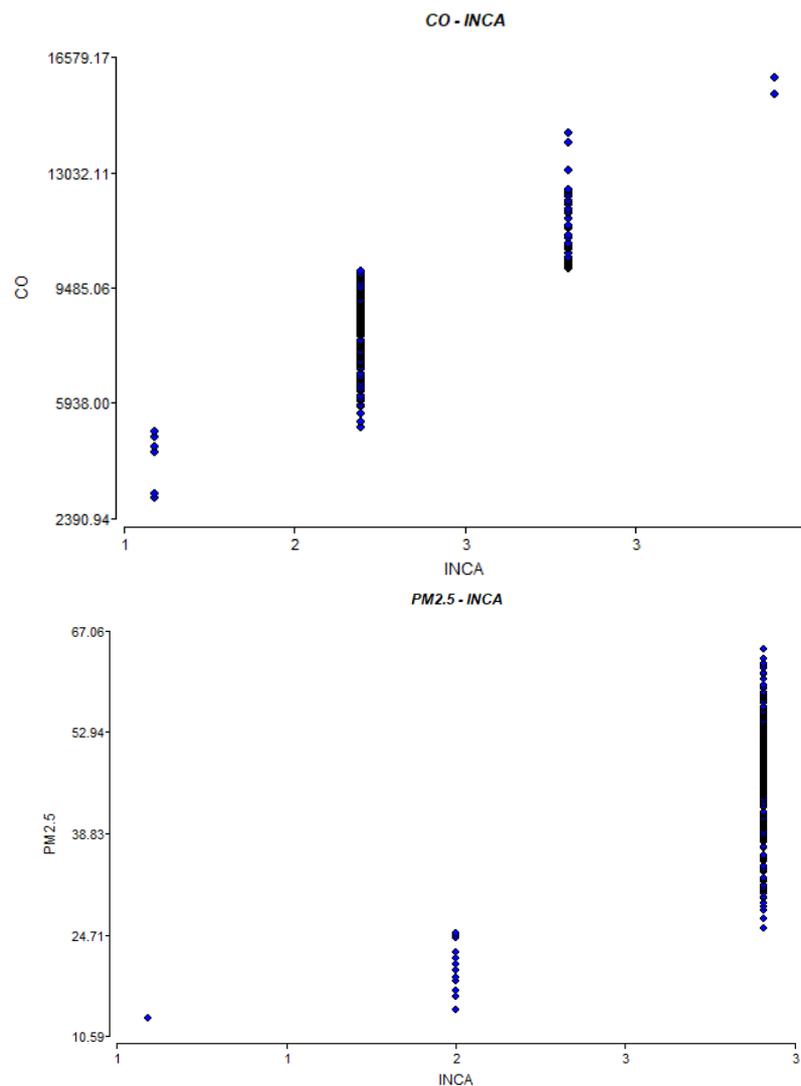


Figura 49. Correlación CO - INCA (Arriba) y Correlación PM_{2.5} - INCA (Abajo)

EJE INCA	CALIFICACION INCA
1-2	BUENA
2-3	MODERADA
3-4	MALA
4-5	UMBRAL DE CUIDADO

Figura 50. Cuadro de comparación entre las concentraciones y calificación INCA

En la tabla 26 y figura 49 (arriba), se presentan los resultados del análisis de correlación entre las variables de concentraciones de CO con respecto a la calidad del aire con 0.82 significando una correlación aceptable (Bencardino, 2012) con respecto a los valores INCA denotando que los datos obtenidos del monitoreo del CO con máximas concentraciones se encuentran dispersadas entre los puntos 2 y 3, expresando una calidad *moderada* promedio de aire, según el cuadro de comparación adaptado a los INCA – Aire en la figura 50, representando la mayoría de todos los datos recolectados en campo. Por otro lado, en la tabla 26 y figura 49 (abajo) la correlación entre PM_{2.5} con respecto a los valores INCA, muestran una correlación de 0.57 una correlación mínima (Bencardino, 2012) con respecto al índice de calidad de aire, del mismo modo se observa máximas concentraciones en los puntos de eje INCA 2 y 3 con tendencia a 4 indicando una calidad de aire en PM_{2.5} con calificación INCA *moderada*, proyectándose a calificación INCA *mala*, no teniendo cantidades considerables de concentraciones de calidad con calificación INCA *buena* en ninguno de ambos parámetros tanto para el CO y PM_{2.5}, deduciendo que la población queda expuesta a la contaminación del aire tanto en el interior y exterior por el CO y el PM_{2.5} (OMS, 2016) y el aumento en no más de 2 µg/m³ de PM_{2.5} en el aire, lo cual estaría vinculado con la reducción de 7 meses de vida de una persona como lo indica Keijzer et al. (2017).

Estos resultados confirman la hipótesis planteada de alta correlación en caso del parámetro CO es decir que a mayores concentraciones dispersadas en el aire el índice de calidad de aire (INCA) es mayor y más deficiente en términos de calidad, mas no en el caso del PM_{2.5}; es decir, están ligeramente correlacionadas o en un nivel medio entre las concentraciones de PM_{2.5} en el aire y la calidad del aire; para ambos casos la influencia meteorología es considerable al no contar con mucha turbulencia que genere dispersión de los parámetros evaluados en el ambiente (Dos Santos et al., 2019). Ante estos resultados se recomienda a las autoridades, especialistas y sociedad civil apoyen a diseñar e implementar medidas tecnológicas asequibles y de fácil manipulación, ayuden a mantenernos alertas frente a cambios súbitos de concentraciones en el aire, con el objetivo de mantener el control de la calidad del aire y evitar enfermedades e infecciones relacionadas a estos contaminantes en la ciudad.

CONCLUSIONES

1. Se logró implementar el monitor de medición (óptico y electroquímico) con garantía de funcionamiento, practicidad y flexibilidad para la incorporación a monitoreos en lugares de complicado acceso.
2. Las mayores concentraciones como resultado del monitoreo del $PM_{2.5}$ fue de $64.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (días viernes) en la zona de la Av. Circunvalación Oeste y las concentraciones mínimas de $13.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (días jueves). Para el CO las máximas concentraciones fueron de $15934.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Av. Circunvalación Oeste (días miércoles) y las mínimas concentraciones fue $3035.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En ambos parámetros, presentando las máximas concentraciones en horas matutinas (07:00 – 09:00 horas) y tardías (16:00 – 18:00 horas), sobrepasando los ECA y los INCA para el aire. Las concentraciones variaron según a las características de cada tramo como el arbolado urbano, el pavimentado y la época estacional.
3. La comparación de los parámetros estudiados CO y $PM_{2.5}$ con respecto a los INCA - Aire fue de $R= 0.82$ (correlación aceptable) y $R= 0.57$ (correlación mínima) respectivamente, concluyendo que los datos de altas concentraciones se vinculan directamente con los índices de calidad de acuerdo al rango y nivel de contaminación en una calidad de aire *moderada* según INCA-Aire para la ciudad de Juliaca.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un continuo monitoreo haciéndolo extensivo en los alrededores de la ciudad o toda la provincia, que a largo plazo complemente en la obtención de mapas de comportamiento y distribución de los contaminantes más completos de evaluar.
2. Este tipo de investigaciones posibilita que los próximos modelos a crearse, se mejoren constantemente y complementen los estudios en este eje de investigación. Pues el monitor permite la programación y desarrollo de nuevos protocolos que examinen a precisión las modificaciones de los parámetros estudiados en circunstancias transitorias como meses, épocas o estaciones del año, por ello se recomienda enriquecer el contenido con fines de evolucionar esta tecnología.
3. La identificación anticipada de puntos mediante los mapas es necesaria, como herramienta útil para los responsables técnicos, gestores y políticos, que permite determinar zonas y contar con registro de concentraciones para iniciar alternativas que controlen las concentraciones de $PM_{2.5}$ y CO de acuerdo a las necesidades de los puntos demarcados
4. Dentro de las recomendaciones, se debe tener en cuenta mejorar el modelo del mapeo de distribución de emisiones de fuentes fijas incluyendo estaciones de ferrocarriles, aeropuertos y terminales terrestres y en cuanto a las fuentes móviles la distribución se mostraría con mayor certeza si se contara con el aforo vehicular diario y horario.
5. Corroborarse elementos de obstaculización (árboles, edificios y paneles/letreros comerciales) que puedan alterar los resultados de la medición al momento del monitoreo, recomendando instalar el monitor en puntos despejados.
6. Es indispensable considerar una base de datos por parte de la municipalidad de libre consulta al público, en el que se consigne el estado situacional de los vehículos y compararlos con los LMP, aplicando los aforos vehiculares.
7. Con los datos obtenidos se le recomienda a la Municipalidad local, que implemente un sistema de inspecciones técnicas vehiculares que incluya capacitación a los inspectores como a los choferes de unidades urbanas de carácter obligatorio y con una frecuencia prudente.

BIBLIOGRAFÍA

- Amouei, M., Hopke, P., Broomandi, P., Naseri, M., Abdrakhmanov, T., Ishanov, A., Kim, J., Shah, D., & Kumar, P. (2020). Exposure to particulate matter and gaseous pollutants during cab commuting in Nur-Sultan city of Kazakhstan. *Atmospheric Pollution Research*, 11(5), 880–885. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.01.016>
- Arduino cl. (2019). *Arduino Nano*. Recuperado de: <https://arduino.cl/arduino-nano/>
- Arrieta, F. (2019). *Desarrollo de un prototipo para la medición de calidad del aire en la Universidad de Sucre empleando tecnología de vehículos aéreos no tripulados*. Universidad de Sucre.
- Bautista, J. (2018). *Evaluación de la concentración de metano, monóxido y dióxido de carbono en el aire, mediante tecnología de drones y hardware libre en la ciudad de Puerto Maldonado*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Becerra, L., & Ramos, R. (2020). Evaluación el impacto en la salud por partículas PM2.5 en Sinaloa, México. *Int. Contam. Ambie*, 36(2), 249–259. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v36n2/0188-4999-rica-36-02-249.pdf>
- Bencardino, C. M. (2012). *Estadística y muestreo* (A. Acosta (ed.); ECOE ediciones).
- Bertrand, L., Dawkins, L., Jayaratne, R., & Morawska, L. (2020). How to choose healthier urban biking routes: CO as a proxy of traffic pollution. *Heliyon*, 6(6), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04195>
- Bolaños Morera, P., & Chacón Araya, C. (2017). Intoxicación por Monóxido de Carbono. *Medicinal Legal de Costa Rica*, 34(1), 1–10.
- BricoGeek. (2021). *Sensor de humedad AM2302*. Recuperado de: https://tienda.bricogeek.com/home/526-sensor-de-humedad-am2302-dht22.html?vt_product=526&from=UpSell&utm_campaign=Upsell%252520recommendation%252520for%252520prod&utm_medium=email&vt_campaign=1003027&utm_content=tpl&vt_content=10003986&utm_source=merchandising
- Chang, T., Zivin, J. G., Gross, T., & Neidell, M. (2016). Particulate Pollution and the Productivity of Pear Packers. *American Economic Journal: Economic Policy*, 8(3), 141–169. <https://doi.org/10.1257/POL.20150085>

- Clements, A., Herrera, R., & Hurn, S. (2020). Network analysis: a novel approach to identify PM_{2.5} hotspots and their spatio-temporal impact on air quality in Santiago de Chile. *Air Quality, Atmosphere & Health* 2020 13:9, 13(9), 1075–1082. <https://doi.org/10.1007/S11869-020-00862-2>
- Cohen, A. J., Anderson, H. R., Ostro, B., Pandey, K. D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Gutschmidt, K., Pope, A., Romieu, I., Samet, J. M., & Smith, K. (2006). The Global Burden of Disease Due to Outdoor Air Pollution. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/15287390590936166*, 68(13–14), 1301–1307. <https://doi.org/10.1080/15287390590936166>
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R., Feigin, V., Freedman, G., Hubbell, B., Jobling, A., Kan, H., Knibbs, L., Liu, Y., Martin, R., Morawska, L., ... Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, 389(10082), 1907–1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6/ATTACHMENT/7308AA34-141E-4F70-A973-DD93D6BCB2E9/MMC1.PDF](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6/ATTACHMENT/7308AA34-141E-4F70-A973-DD93D6BCB2E9/MMC1.PDF)
- Condori, M., & Herrera, V. (2019). *Evaluación de los niveles de CO₂, compuestos organicos volatiles y densidad del polvo con sensores de calidad de aire en la ciudad de Juliaca, Puno, 2018* [UPEU]. Recuperado de: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2713>
- Cruz, I., Cabello, J., Sorinas, L., Varela, A., & Costa, I. (2015). Propuesta de procedimiento para el Control de Emisiones Atmosféricas en ambientes urbanos. *Ingeniería Industrial*, 36(1), 2–16. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362015000100002
- D'Pool, C., & García, R. (2021). *Exposición a monóxido de carbono y afectación cardiovascular y neuropsicológica en los trabajadores de consorcios de revisión vehicular de la ciudad de Portoviejo* [Universidad Internacional SEK Ecuador]. Recuperado de: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4348>
- de Keijzer, C., Agis, D., Ambrós, A., Arévalo, G., Baldasano, J. M., Bande, S., Barrera-Gómez, J., Benach, J., Cirach, M., Dadvand, P., Ghigo, S., Martinez-Solanas, È.,

- Nieuwenhuijsen, M., Cadum, E., & Basagaña, X. (2017). The association of air pollution and greenness with mortality and life expectancy in Spain: A small-area study. *Environment International*, 99, 170–176. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2016.11.009>
- Diario Oficial. (2014). *Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.* Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014
- DIGESA Direccion General de Salud. (2005). *Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos.*
- DIRESA Direccion Regional de Salud de Puno. (2018). *Establecimientos de salud.* Recuperado de: <http://www.diresapuno.gob.pe/redes/>
- Dos Santos, F. S., Pinto, J. A., Maciel, F. M., Horta, F. S., Albuquerque, T. T. de A., & Andrade, M. de F. (2019). Avaliação da influência das condições meteorológicas na concentração de material particulado fino (MP_{2,5}) em Belo Horizonte, MG. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(2), 371–381. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019174045>
- Enviraiot. (2021, February 11). *Contaminantes primarios y secundarios.* Recuperado de: <https://enviraiot.es/contaminantes-primarios-y-secundarios-mas-peligrosos/>
- Fonseca, M. (2013). Estudio del impacto en la calidad del aire de las fuentes puntuales en la ciudad de Pinar del Rio. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28, 1–12. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/RmhtTLLB3VNG3NQFyC3pVrD/?format=pdf&lang=es>
- García-Reynoso, J. A., Mar-Morales, B. E., Ruiz-Suárez, L. G., García-Reynoso, J. A., Mar-Morales, B. E., & Ruiz-Suárez, L. G. (2018). MODELO DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y DE ESPECIACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE MÉXICO (AÑO BASE 2008) PARA SU USO EN MODELIZACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE (DiETE). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(4), 635–649. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.04.07>

- Gaviria, C. F., Benavides, P. C., & Tangarife, C. A. (2011). Contaminación por material particulado (pm 2,5 y pm 10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín. *Fac. Nac. Salud Publica* , 29(3), 241–250.
- Geek Factory. (2021). *MQ-7 Sensor de gas monóxido de carbono*. Recuperado de: <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/mq-7-sensor-de-monoxido-de-carbono/>
- Guevara, R. (2017). *Indice de la calidad de aire en el distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos*. Universidad Peruana Unión.
- Hanco, A. (2017). *Concentración de material particulado menores a 10 micrómetros y gestión ambiental con áreas verdes en la ciudad de Juliaca* [Universidad Nacional del Altiplano]. Recuperado de: <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7132>
- Huanca, P. (2016). *Concentracion de material particulado menomes a 2.5 micrómetros para la gestion de areas verdes en la ciudad de Juliaca* [Universidad Nacional del Altiplano]. Recuperado de: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3219893>
- INEI Institucion Nacional de Estadistica e Informatica. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
- Jaramillo, A. C., & Toro, M. V. (2020). Estimación de la fracción inhalada de contaminantes primarios del aire en la ciudad de Medellín. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 623–643. <https://doi.org/10.20937/RICA.53417>
- Linares, C., & Díaz, J. (2009). Efecto de las partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM2,5) sobre los ingresos hospitalarios en niños menores de 10 años en Madrid. *Gaceta Sanitaria*, 23(3), 192–197. <https://doi.org/10.1016/J.GACETA.2008.04.006>
- Matus, P. (2017). Contaminación atmosférica: La composición química incide en su riesgo. *Revista Medica de Chile*, 145(1). <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000100001>
- Indice de calidad del aire, 1 (2016). Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/RM-Nº-181-2016-MINAM.pdf>
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, Pub. L. No. Decreto Supremo 003-

- 2017, 9 (2017).
- MINAM Ministerio del Ambiente. (2018). *Gestión de Calidad del Aire*. Ministerio Del Ambiente. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/zonas-de-atencion-prioritaria/>
- MINAM Ministerio del Ambiente. (2019). *Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire*. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/decreto-supremo-que-aprueba-protocolo-nacional-monitoreo-calidad>
- Miranda, J., Merma, L., & Herrera, M. (2019). Evaluacion de la concentracion de polvo atmosferico sedimentable y matertial particulado (PM2.5, PM10) para la gestion de la calidad del aire 2017, en la ciudad de Tacna. *Ingeniería Investiga*, 1(1), 125–139. Recuperado de: <http://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/128/113>
- Montoya, S. (2017, May 14). *Instalación y Puesta en Marcha de un Sensor de Polvo en Arduino*. Gidahatari. Recuperado de: <https://gidahatari.com/ih-es/tutorial-del-instalacion-y-puesta-en-marcha-de-un-sensor-de-polvo-en-arduino>
- Mora, J. C., Sibaja, J. P., & Borbón, H. (2021). Natural and anthropogenic sources of atmospheric pollution: State of the art of its impact on the physicochemical properties of rain water and fog water. *Revista Tecnología En Marcha*, 34(1), 92–103. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4806>
- Mosqueira, H. (2019). *Evaluación de las partículas PM2.5 y PM10 en la construcción de la carretera Chota - Cochabamba (Cajamarca)* [Universidad Nacional de Cajamarca]. Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2835>
- Motocanche Ayala, D. R. (2019). Evaluación de la Influencia de las Condiciones Meteorológicas en los Niveles de Material Particulado PM10 y PM2.5 en la Construcción del Hospital Hipólito Unanue de Tacna [Universidad Privada de Tacna]. In *Universidad Privada de Tacna*. Recuperado de: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/970>
- Municipalidad de Vitoria Gasteiz. (2005). *Plan municipal de gestión de la calidad del aire de Vitoria - Gasteiz*. Recuperado de: www.sagan.uam.mx

- Naylamp. (2021). *Gas Sensor*. Naylamp Mecatronic SAC. Recuperado de:
<https://naylampmechatronics.com/>
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2006). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: Global update 2005*.
[https://doi.org/10.1016/0004-6981\(88\)90109-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(88)90109-6)
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2012). *Muertes debido a la contaminación atmosférica*.
https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9406:2014-7-million-deaths-annually-linked-air-pollution&Itemid=135&lang=es
- OMS Organización Mundial de la Salud. (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease* (World Health Organization (ed.)).
- ONU Organismo de las Naciones Unidas. (2015). *Agenda 2030 y ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de:
https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf
- Ortiz, D., & Benitez, D. (2018). *Sistema de monitoreo de contaminación del aire con redes de sensores inalámbricos en tiempo real*. Universidad San Francisco de Quito.
- Oxford Educación. (2009). *Contaminación del aire*. Recuperado de:
<https://es.slideshare.net/dpto.biologiaygeologia/contaminacin-clase>
- Pacsi, S. A. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por Material Particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana. *Anales Científicos*, 77(2), 273–283. <https://doi.org/10.21704/ac.v77i2.699>
- Pacsi, S. A., & Murriel, F. A. (2018). Evaluación espaciotemporal del material particulado PM2,5 y su relación con las variables meteorológicas en la Universidad Nacional Agraria La Molina. *Anales Científicos*, 79(2), 334. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.992>
- PDU. (2017). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Juliaca* (Vol. 1, pp. 1–487). Recuperado de:
<http://eudora.vivienda.gob.pe/OBSERVATORIO/documentos/PDU/Juliaca/1>
Volumen 1 - PDU Juliaca 2016-2025.pdf
- Proserquisa. (2016). *Especificaciones técnicas Arduino Nano*.

- Querol, X. (2018). *La calidad del aire en las ciudades, un reto mundial* (1st ed.). Fundación Naturgy. Recuperado de: www.fundacionnaturgy.org
- Rojano, R., Perez, J., Galino, A., Mendoza, Y., Soto, D., & Toncel, E. (2008). Determinación del punto de muestreo óptimo, para la evaluación de las concentraciones de Partículas Suspendidas Totales (PST) en una zona semiurbana de Colombia. *Revista Técnica de Ingeniería Universidad Del Zulia*, 31(3), 201–212. Recuperado de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702008000300001
- Rojas, & Galvis, B. (2005). Relación entre PM 2.5 y PM 10 en la ciudad de Bogotá. *Revista de Ingeniería*, 54–60. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121014219005.pdf>
- Rojas, J. (2019). *Monitoreo de cuatro contaminantes atmosféricos a nivel individual* [Universidad Veracruzana]. Recuperado de: <https://cdigital.uv.mx/handle/1944/49406>
- Rojas, M., Duñas, A., & Sidorovas, L. (2001). Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en vendedores de quioscos. Valencia, Venezuela. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 9(4), 240–245. <https://doi.org/10.1590/S1020-49892001000400006>
- Rudas, S. (2013). *Determinacion de concentraciones de monoxido de carbono (CO) en la estacion de monitoreo de santa teresita de la ciudad de Cajamarca* [Universidad Nacional de Cajamarca]. Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2042>
- SENAMHI Servicio Nacional de meteorología e Hidrología. (2018a). *Datos Meteorológicos*. Ministerio Del Ambiente-Perú. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>
- SENAMHI Servicio Nacional de meteorología e Hidrología. (2018b). *Estadísticas Ambientales*. Recuperado de: www.inei.gob.pe
- Sharp. (2006). *GP2Y1010AU0F Compact Optical Dust Sensor*. Recuperado de: <https://www.dfrobot.com/product-867.html>
- Suárez, L., Álvarez, D., Bendezú, Y., & Pomalaya, J. (2017). Chemical characterization

- of particulate matter at an urban site of Huancayo city, Peru. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(2). Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000200005
- Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, A. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental. *Rev. Salud Pública*, 8(1), 108–117.
- TodoMicro. (2021). *Arduino NANO*. Recuperado de: <https://www.todomicro.com.ar/arduino/78-arduino-nano-v3-atmega328-chipset-ch340.html>
- Trelles, R. (2018). *Determinación del Material Particulado (PM10 y PM2.5), Dioxido de azufre, Dioxido de nitrogeno y Monoxido de carbono en el distrito de Ocoruro-Provincia Espinar, Región Cusco* [UNSA]. Recuperado de: <http://190.119.145.154/bitstream/handle/UNSA/6733/AMtrmorc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Triantafyllou, E., Diapouli, E., Korras, M. B., Manousakas, M., Psanis, C., Floutsi, A. A., Spyrou, C., Eleftheriadis, K., & Biskos, G. (2020). Contribution of locally-produced and transported air pollution to particulate matter in a small insular coastal city. *Atmospheric Pollution Research*, 11(4), 667–678. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.12.015>
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111–118. <https://doi.org/10.1016/J.RMCLC.2016.12.003>
- Valdivia Arroyo, F. R. (2017). *Determinación del material particulado, dióxido de azufre y monóxido de carbono en el centro poblado El Arenal – Islay* [Universidad Nacional de San Agustín]. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2432>
- Velasco, E., Segovia, E., Gonzales, R., & Ramos, R. (2019). *Cómo construir una gestión de la calidad del aire eficiente, justa y transparente*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11450.64960>
- Venegas, L. E., & Mazzeo, N. A. (2013). *La velocidad del viento y dispersión de contaminantes en la atmósfera*. Recuperado de:

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/100066>

- Wang, Y. Q., Zhang, X. Y., Sun, J. Y., Zhang, X. C., Che, H. Z., & Li, Y. (2015). Spatial and temporal variations of the concentrations of PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁ in China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(23), 13585–13598. <https://doi.org/10.5194/ACP-15-13585-2015>
- Wang, Z., Lu, Q., He, H.-D., Wang, D., Gao, Y., & Peng, Z.-R. (2017). Investigation of the spatiotemporal variation and influencing factors on fine particulate matter and carbon monoxide concentrations near a road intersection. *Frontiers of Earth Science* 2016 11:1, 11(1), 63–75. <https://doi.org/10.1007/S11707-016-0564-5>
- West, J. J., Cohen, A., Dentener, F., Brunekreef, B., Zhu, T., Armstrong, B., Bell, M. L., Brauer, M., Carmichael, G., Costa, D. L., Dockery, D. W., Kleeman, M., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Liousse, C., Lung, S. C. C., Martin, R. V., Pöschl, U., Pope, C. A., ... Wiedinmyer, C. (2016). “what We Breathe Impacts Our Health: Improving Understanding of the Link between Air Pollution and Health.” *Environmental Science and Technology*, 50(10), 4895–4904. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03827>
- Yang, F., Tan, J., Zhao, Q., Du, Z., He, K., Ma, Y., Duan, F., Chen, G., & Zhao, Q. (2011). Characteristics of PM_{2.5} speciation in representative megacities and across China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(11), 5207–5219. <https://doi.org/10.5194/ACP-11-5207-2011>
- Zeri, M., Oliveira-Júnior, J. F., & Lyra, G. B. (2011). Spatiotemporal analysis of particulate matter, sulfur dioxide and carbon monoxide concentrations over the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 113(3), 139–152. <https://doi.org/10.1007/S00703-011-0153-9>

ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo del sensor MQ-7 y el sensor GP2Y1014

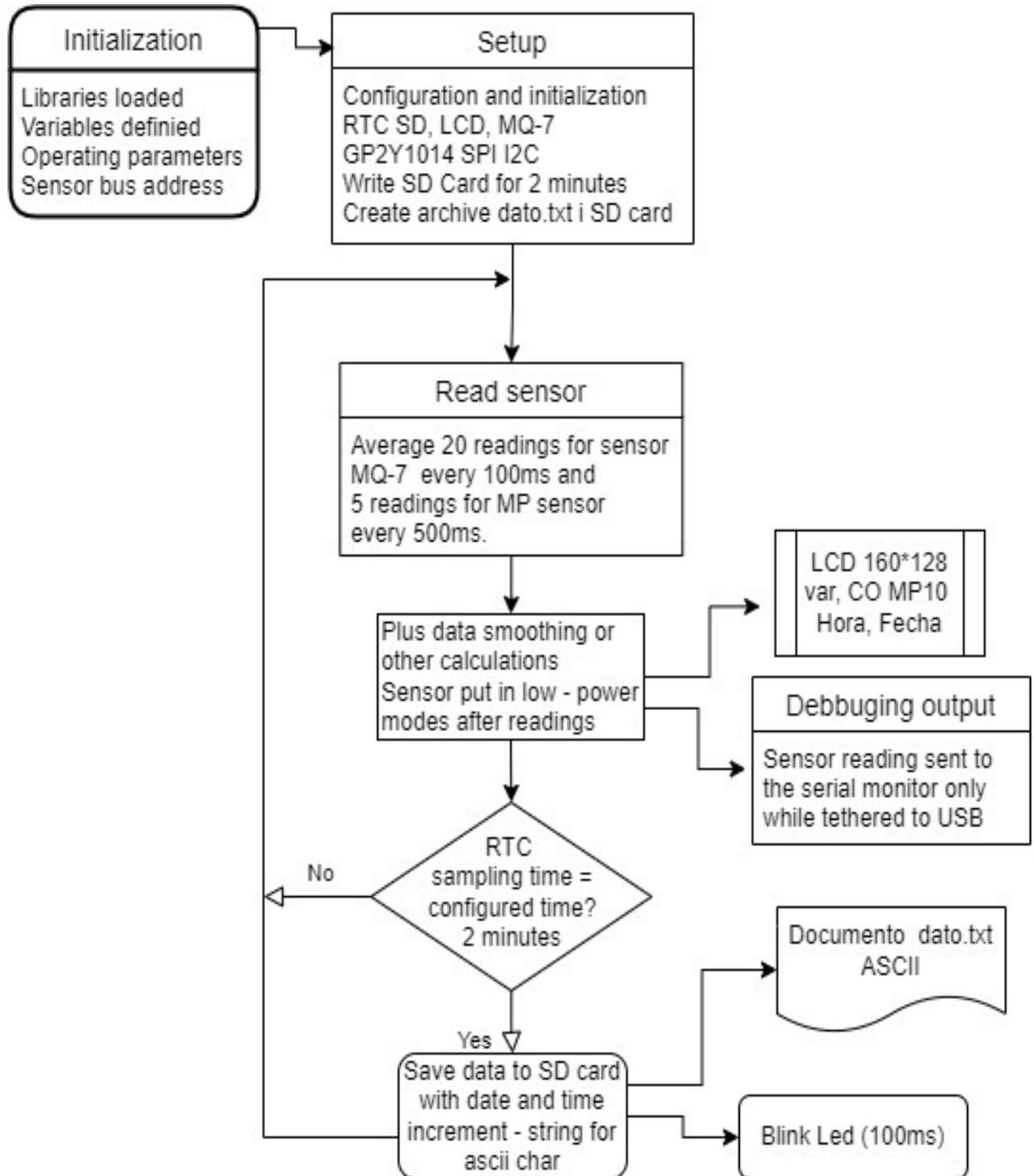


Figura 51. Flujograma
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Coeficientes de grado de correlación de Pearson

Según Bencardino (2012)

▪ Correlación <i>perfecta</i> , $r = 1$	$r = 1$
▪ Correlación <i>excelente</i> , cuando r es mayor de 0.90 y menor de 1	$(-1 < r < -0.90)$
▪ Correlación <i>aceptable</i> , cuando r se encuentra entre 0.80 y 0.90	$(-0.9 < r < -0.8)$
▪ Correlación <i>regular</i> , cuando r se encuentra entre 0.60 y 0.80	$(0.8 < r < -0.6)$
▪ Correlación <i>mínima</i> , cuando r se encuentra entre 0.30 y 0.60	$(-0.6 < r < -0.3)$
▪ No hay correlación para r menor de 0.30 y mayor a 0	$(-0.3 < r < 0)$

Anexo 3. Datos Meteorológicos de la estación Davis Instrument

AÑO	MES	DIA	T (°C)	PRECIP (mm/Hora)	HUMEDAD (%)
2021	6	29	1.1	0	57.25
2021	6	29	12.5	0	30.8
2021	6	29	11.1	0	30.8
2021	6	29	-0.21	0	64.8
2021	6	29	11.5	0	37.3
2021	6	29	13.3	0	29

Fuente: elaboración propia

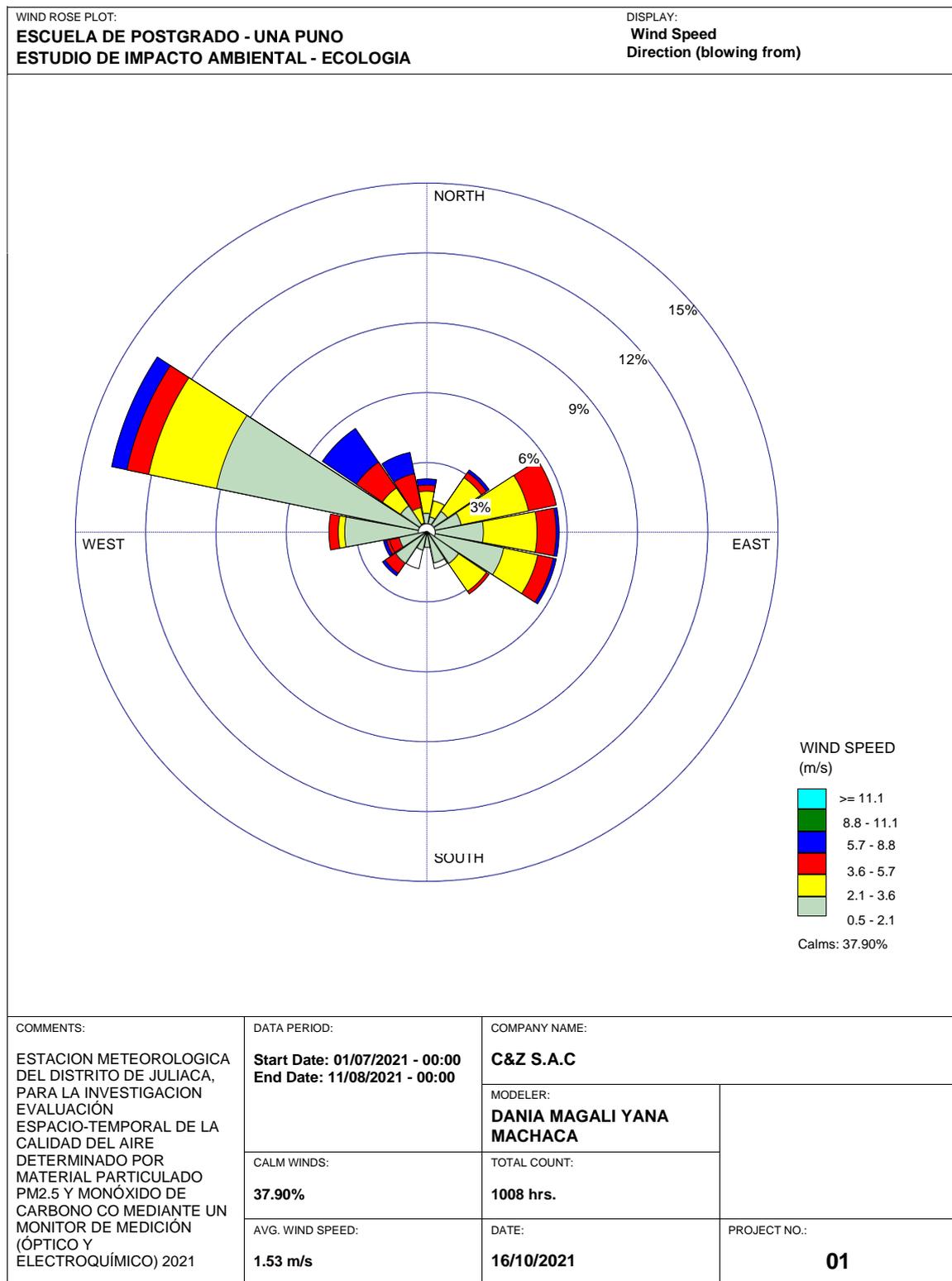
Nota: Datos de las fechas de monitoreo con instrumentos calibrados

Anexo 4. Datos Meteorológicos de la estación SENAMHI

AÑO	MES	DIA	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓ N (mm/ho ra)	HUMEDAD (%)
2021	7	1	13.1	0	23
2021	7	2	12.6	0	24
2021	7	3	6.1	0	24
2021	7	4	-8.6	0	64
2021	7	5	15.7	0	10
2021	7	6	16	0	14
2021	7	7	18.2	0	10
2021	7	8	16.5	0	8
2021	7	9	15.8	0	15
2021	7	10	5.9	0	36
2021	7	11	10.6	0	20
2021	7	12	3	0	58
2021	7	13	0.1	0	74
2021	7	14	2.7	0	56
2021	7	15	5.7	0	48
2021	7	16	-4.7	0	80
2021	7	17	5.2	0	32
2021	7	18	3.8	0	70
2021	7	19	8.9	0	40
2021	7	20	10.4	0	33
2021	7	21	6.3	0	29
2021	7	22	6.1	0	58
2021	7	23	6.1	0	59
2021	7	24	7.2	0	36
2021	7	25	4.8	0	38
2021	7	26	-5.9	0	89
2021	7	27	9.8	0	31
2021	7	28	6.8	0	35
2021	7	29	7.8	0	40
2021	7	30	10.1	0	40
2021	7	31	7.7	0	41
2021	8	1	14.1	0	32
2021	8	2	11	0	37
2021	8	3	11.3	0	48
2021	8	4	13	0	30
2021	8	5	14.6	0	24
2021	8	6	15.7	0	17
2021	8	7	15.4	0	54
2021	8	8	12.3	0	76
2021	8	9	8.1	0	67
2021	8	10	10.2	0	51
2021	8	11	7.9	0	49

Fuente: SENAMHI

Anexo 5. Rosa de Vientos



WRPLOT View - Lakes Environmental Software

Figura 52. Rosa de vientos durante el periodo de monitoreo (mes de julio - agosto)

Fuente: Elaboración propia

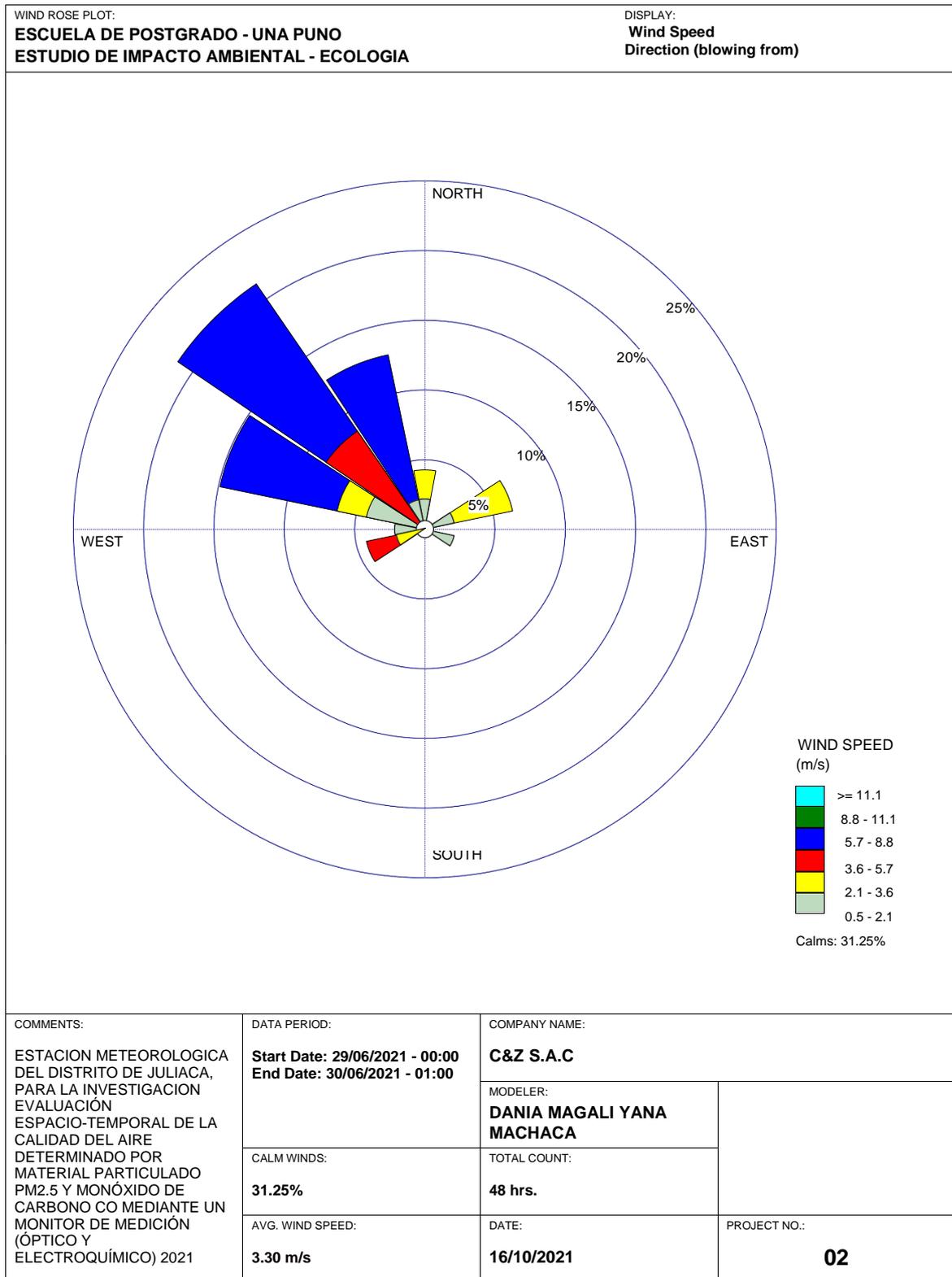


Figura 53. Rosa de viento de los días de comparación con los instrumentos calibrados (29 y 30 de junio)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Distribución de frecuencias de clase de viento

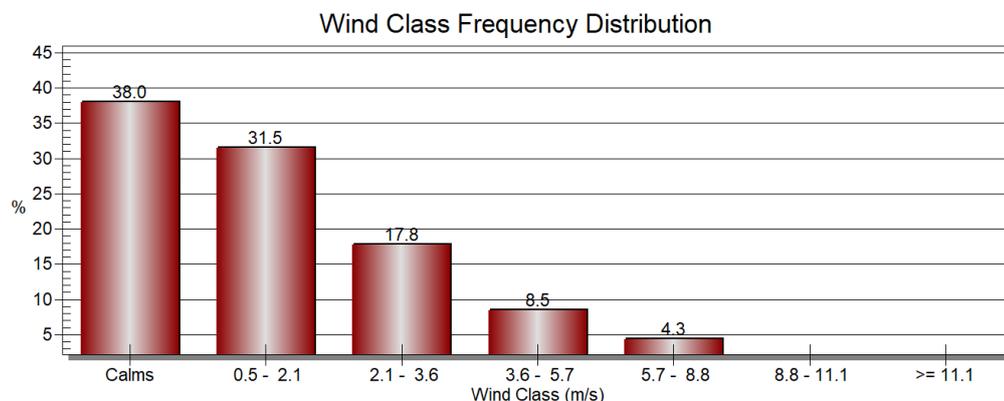


Figura 54. Frecuencia de distribución de viento (julio y agosto)

Nota: La distribución de calma de viento es mayor en un 38% y las mayores velocidades de viento solo en un 4.3%.

Fuente: Elaboración propia

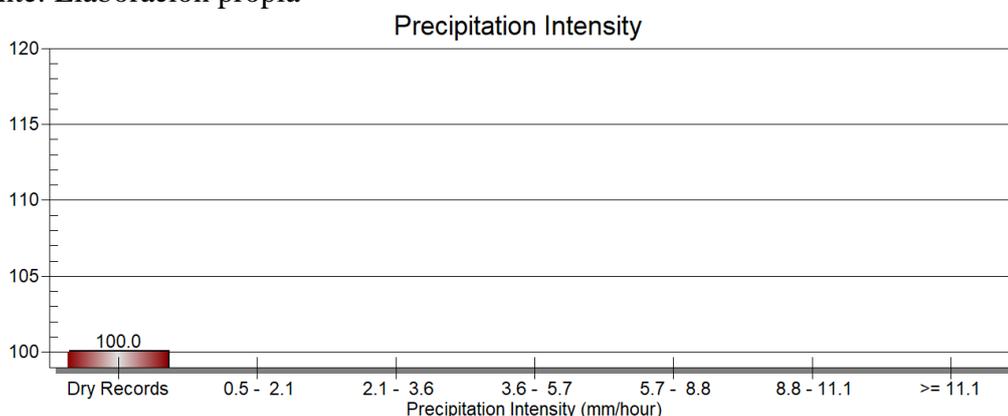


Figura 55. Intensidad de precipitación (julio y agosto)

Nota: Nula presencia de precipitación

Fuente: Elaboración propia

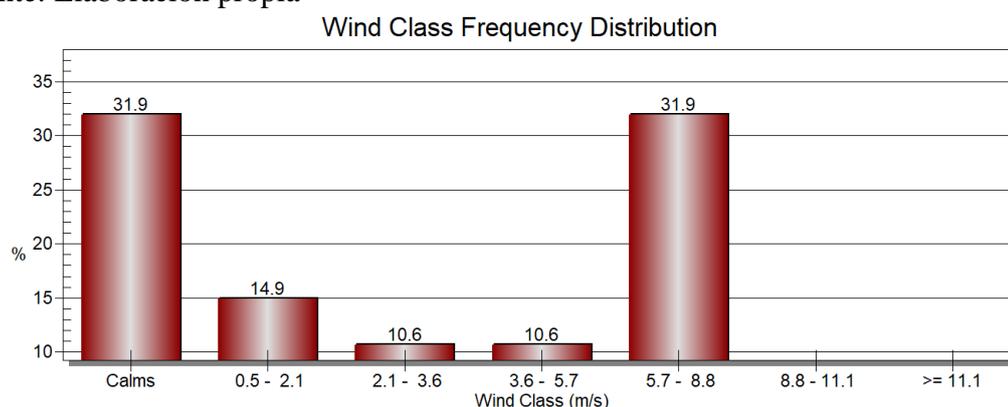


Figura 56. Distribución de la frecuencia del viento (días de medición con instrumentos calibrados 29 y 30 de junio)

Nota: la presencia de vientos calmados se dio en un 31.9% y las máximas velocidades se dieron en un 31.9%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Costo aproximado del monitor de medición

ÍTEM	DETALLE	PRECIO
1	Sensor de gas CO (modelo MQ-7), Sensor PM _{2.5} (modelo GP2Y1010AU0F), Sensor de Humedad y temperatura AM2302,	1327.00
2	Placa NANO Arduino,	540.00
3	Pantalla OLED 0.96'' ,	65.00
4	Placa Protoboard,	30.00
5	Cable de red plano UTP CAT,	15.00
6	Panel solar fotovoltaicos,	320.00
7	Reloj y calendario RTC (Reloj Tiempo Real),	52.00
8	Batería,	195.00
9	Estaño de plomo,	30.00
10	Soldador,	78.00
11	Software: Programa C++,	130.00
TOTAL		2782.00

Anexo 8. Certificación



RH-21-132

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : Dania Magali Yana Machaca
ASUNTO : Determinación Analítica de concentración de CO y PM_{2.5}

CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA

CANTIDADES DE MUESTRAS : 01
COORDENADAS DE MUESTREO : GEO (UTM) 379927.42 m E 8283366.98 m S
MUESTREO POR : Personal del laboratorio
SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico de Monóxido de carbono (CO) y Material Particulado (PM_{2.5})
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 29/06/2021 al 30/06/2021

DETALLE DEL INFORME

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	CODIGO DE CLIENTE	TIEMPO DE EXPOSICION	CO
			Horas	ug/m ³
01	RH-D21-49	CA1	1	9188
02	RH-D21-49	CA1	8	7538

N°	N° RH	CODIGO DE CLIENTE	TIEMPO DE EXPOSICION	PM _{2.5}
			Horas	ug/m ³
01	RH-D21-50	CA1	24	46.74

METODOS DE REFERENCIA

- Determinación Analítica de Monóxido de Carbono (CO) en aire – Método de absorción química
- Determinación Analítica de Material Particulado (PM_{2.5}) en aire – Método absorción volumétrica

Av. Mártires del 4 de noviembre N° 2414 (Salida Puno – Frente a Covisur)

Cel: 978649480 - 935408140

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° PL-FV136-2020-8

1. CLIENTE: E&L Environmental Consulting Services S.R.L.

2. DATOS DEL EQUIPO:

INSTRUMENTO CALIBRADO: Muestreador de bajo volumen para partículas (lowvol)
MARCA: BGI **INTERVALO DE INDICACION:** 1,0 L/min - 24,0 L/min
MODELO: PQ100 **RESOLUCIÓN:** 0,1 L/min
SERIE: 529
COD. INTERNO: EL/MPB/02 **CONDICIÓN:** Usado

3. LUGAR DE CALIBRACIÓN: PAZ LABORATORIOS S.R.L.

4. FECHA DE CALIBRACIÓN: 2020-08-17

5. CONDICIONES AMBIENTALES:

	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	PRESIÓN
INICIAL:	22,2 °C	18,3% HR	769,1 mbar
FINAL:	22,3 °C	18,3% HR	769,2 mbar

6. PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS:

Procedimiento ME-009 "Procedimiento para la calibración de caudalímetros de gases", edición digital 1, del CEM de España.

7. PATRONES UTILIZADOS:

EQUIPO	MARCA/MODELO	SERIE	N° CERTIFICADO
Termo-Higrómetro	VAISALA / HMT333	R1210681	TE-268-2020
Barómetro	KESTREL / 5500	2277546	TE-057-2020
Medidor de flujo	BGI/Deltacal	170398	170398

8. RESULTADOS:

Punto	Medida patrón	Medida equipo	Error (L/min)	Incertidumbre
15,00	15,09	14,6	-0,5	0,4
16,50	16,36	16,3	-0,1	0,5
18,00	18,22	18,1	-0,1	0,5

Los datos declarados son valores de flujo ambiental, resultado de la ecuación:
 $QS = Qa * (BP_a / 1013,25) * (273,15 / (Ta + 273,15))$,
 donde QS es el flujo estándar que muestra el equipo a calibrar.

Erosin Edgardo Paz Gonzales
 REPRESENTANTE LEGAL
 PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Jesus Edmundo Chigwa Distincio
 jefe de Laboratorio de Metrología
 PAZ LABORATORIOS S.R.L.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACION CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

000227



Página 2 de 2

9. OBSERVACIONES:

Los resultados emitidos son válidos únicamente para el equipo calibrado, en el momento de la calibración. Este certificado de calibración es trazable a LOJUSTO y MESA LABORATORIES.

La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: 'Guía para la expresión de la incertidumbre de medida' primera edición, septiembre 2008 CEM.

PAZ LABORATORIOS no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Arequipa , 19 de Agosto de 2020

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACION CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

000228

FEC-001 REV. 01

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa
☎ (054) 655069 RPC: 953766470 - 959010230
web: www.pazlaboratorios.com Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com



Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - ME093 - 21 - 3

1. SOLICITANTE : E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.
2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CALLE ZELA 603A, YANAHUARA - AREQUIPA
3. DATOS DEL EQUIPO:
 - INSTRUMENTO DE MEDIDA : ESTACIÓN METEREOLÓGICA
 - MARCA : DAVIS INSTRUMENTS
 - MODELO : VANTAGE PRO 2
 - SERIE : AZ170525072
 - IDENTIFICACIÓN : EL/EM/05
 - INTERVALO DE MEDIDA : 1 - 100 % H.R.
 - RESOLUCIÓN : 1 % H.R.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: Lab. Metrología de Paz Laboratorios S.R.L.
5. FECHA DE CALIBRACIÓN: 2021-03-05
6. ETIQUETA DE CALIBRACIÓN: 00369
7. ORDEN DE TRABAJO: CAL-0101-2021-3
8. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

El usuario debe, bajo su única responsabilidad, tomar las precauciones ligadas a la utilización de su equipo. Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, registros de mantenimiento, análisis de deriva y exactitud de medición. Los certificados de calibración de PAZ LABORATORIOS son únicamente válidos si cuentan con el sello de agua y las firmas del Gerente General y el Responsable del Laboratorio de Metrología. La difusión del presente certificado debe ser de forma completa y sin modificaciones. Cualquier cambio del certificado requiere la autorización de PAZ LABORATORIOS.

9. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:
Procedimiento interno para la calibración de Termohigrómetros. PL-PR-ME-02.



Edwin Edgardo Paz González
GERENTE GENERAL
PAZ LABORATORIOS S. R. L.

Arequipa, 8 de marzo de 2021

Yessenia Yulissa González González
METROLOGO RESPONSABLE
PAZ LABORATORIOS S.R.L.

000185

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa
☎ (054) 655069 RPC: 953766470 - 959010230
web: www.pazlaboratorios.com Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACION CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PL - ME093 - 21 - 3

10. PATRONES UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	Nº CERTIFICADO
Patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	HOBO / UX-100-011A $U(k=2) = 0,27 \text{ } ^\circ\text{C} / U(k=2) = 1,4 \text{ } \% \text{ H.R.}$	TE-163-2021
Patrones de referencia de LO JUSTO S.A.C.	Termohigrómetro HOBO / UX-100-023A $U(k=2) = 0,39 \text{ } ^\circ\text{C} / U(k=2) = 1,4 \text{ } \% \text{ H.R.}$	TE-164-2021

11. CONDICIONES AMBIENTALES:

	TEMPERATURA ($^\circ\text{C}$)	HUMEDAD RELATIVA (% HR)
Inicio	20,4	50,6
Final	21,2	53,0

12. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

H. C. V. (% HR)	LECTURA INSTRUMENTO (% HR)	CORRECCIÓN (% HR)	INCERTIDUMBRE (% HR)
11,2	13,2	-2,0	2,0
33,1	34,4	-1,3	2,0
56,7	57,3	-0,5	2,0

H. C. V.: Humedad convencionalmente verdadera

13. OBSERVACIONES:

El tiempo mínimo de estabilización fue al menos de 30 minutos.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de Lo Justo S.A.C.

La incertidumbre expandida de medición reportada es: la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

Este certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025, "Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Calibración y Ensayo".

PAZ LABORATORIOS S.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Arequipa, 8 de marzo de 2021

FIN DEL DOCUMENTO

000186

Anexo 9. Panel fotográfico



Figura 57. Manejo del filtro pre - muestreo



Figura 58. Armado del Muestreador de calidad Low-vol



Figura 59. Ajuste del equipo de medición Lowvol



Figura 60. Instalación final del equipo



Figura 61. Instalación del equipo Tren de Muestreo



Figura 62. Equipos de medición instalados (Tren de muestreo, Sensores de medición y el Low-vol)



Figura 63. Comparación simultánea alternativa con datos de los monitores de medición

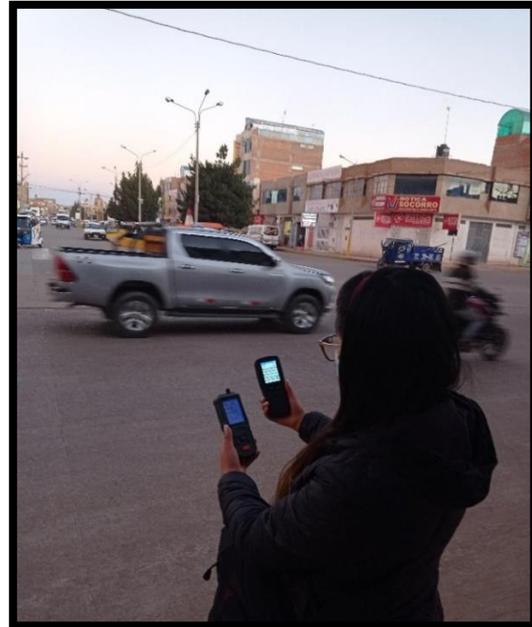


Figura 64. Medición manual de contaminantes de $PM_{2.5}$ y parámetros meteorológicos DM106 y JLDG3002



Figura 65. Equipos manuales de medición DM106 (izquierda) y JLDG3002 (derecha)

Nota: DM106 (PM_{2.5}, HCHO, TVOC, T° y %H) y JLDG3002 (CO₂, TVOC, T° y %H)



Figura 66. Sistema de red de medición (sensor óptico y electroquímico)



Figura 67. Imágenes de puntos monitoreados

Anexo 10. Resumen de concentraciones de PM_{2.5} (día y lugar) obtenidas por el monitor de medición

NN	DIA	UBICACIÓN		LUGAR	PM2.5 (ug/m3)
		NORTE	ESTE		
1	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	62.58
2	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	53.16
3	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	51.41
4	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	54.26
5	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	31.38
6	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	53.32
7	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	54.38
8	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	56.52
9	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	51.45
10	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	57.89
11	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	62.19
12	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	45.31
13	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	54.92
14	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	48.71
15	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	34.06
16	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	35.82
17	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	43.66
18	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	41.68
19	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	49.69
20	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	41.29
21	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	56.52
22	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	48.88
23	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	46.14
24	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	48.09
25	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	52.2
26	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	51.02
27	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	45.95
28	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	54.07
29	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	52.34
30	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	57.03
31	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	56.39
32	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	54.49
33	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	53.95
34	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	48.24
35	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	51.37
36	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	50.98
37	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	52.2
38	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	51.17
39	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	49.02
40	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	50.59
41	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	48.24
42	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	49.07
43	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	50.39
44	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	54.1
45	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	49.73
46	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	51.95
47	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	53.32
48	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	51.51
49	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	49.29
50	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	51.84
51	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	31.62
52	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	53.55
53	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	47.54
54	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	55.9
55	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	60.39
56	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	59.26
57	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	52.58
58	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	48.5
59	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	44.5
60	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	48.67

61	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	35.51
62	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	57.98
63	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	29.96
64	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	27.03
65	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	40.9
66	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	34.26
67	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	39.14
68	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	43.44
69	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	39.92
70	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	46.95
71	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	44.08
72	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	42.71
73	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	45.45
74	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	45.05
75	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	45.25
76	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	46.03
77	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	50.77
78	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	47.27
79	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	47.85
80	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	48.83
81	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	50
82	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	47.85
83	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	50.78
84	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	52.15
85	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	45.31
86	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	47.46
87	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	50.2
88	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	50.98
89	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	52.34
90	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	50.2
91	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	52.54
92	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	57.42
93	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	45.12
94	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	45.9
95	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	48.05
96	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	45.31
97	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	54.3
98	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	51.76
99	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	49.8
100	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	45.78
101	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	56.52
102	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	44.02
103	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	51.8
104	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	39.73
105	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	45
106	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	41.29
107	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	53.1
108	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	51.6
109	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	57.93
110	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	57.73
111	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	30.5
112	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	40.06
113	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	24.88
114	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	31.13
115	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	32.11
116	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	24.3
117	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	38.13
118	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	42.57
119	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	38.67
120	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	46.95

121	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	47.07
122	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	33.79
123	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	45.12
124	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	42.56
125	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	40.63
126	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	49.22
127	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	49.61
128	MIERCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	48.05
129	MIERCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	45.7
130	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	50.39
131	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	49.02
132	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	45.9
133	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	54.3
134	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	49.8
135	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	49.61
136	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	47.46
137	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	50
138	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	45.9
139	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	45.7
140	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	50.2
141	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	47.27
142	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	48.83
143	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	49.41
144	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	49.41
145	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	47.85
146	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	43.55
147	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	49.02
148	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	50.59
149	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	49.22
150	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	55.7
151	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	55.55
152	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	33.67
153	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	34.26
154	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	36.99
155	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	37.77
156	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	45.23
157	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	40.51
158	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	54.61
159	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	56.33
160	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	41.91
161	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	46.02
162	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	46.21
163	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	30.84
164	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	51.45
165	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	31.33
166	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	13.16
167	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	18.24
168	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	25.66
169	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	42.66
170	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	40.31
171	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	47.73
172	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	38.55
173	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	41.52
174	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	56.17
175	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	38.4
176	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	36.84
177	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	36.84
178	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	38.2
179	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	37.62
180	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	43.95

181	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	47.66
182	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	45.12
183	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	47.27
184	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	47.46
185	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	52.7
186	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	44.34
187	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	46.48
188	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	45.9
189	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	47.07
190	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	53.13
191	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	43.16
192	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	53.91
193	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	28.2
194	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	64.49
195	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	50.78
196	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	50.74
197	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	55.27
198	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	38.55
199	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	49.56
200	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	54.61
201	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	44.65
202	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	48.71
203	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	45.63
204	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	52.46
205	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	54.22
206	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	55.35
207	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	47.93
208	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	30.74
209	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	37.77
210	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	28.59
211	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	55.94
212	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	63.16
213	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	35.23
214	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	37.97
215	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	53.55
216	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	52.19
217	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	46.72
218	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	47.5
219	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	53.95
220	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	53.55
221	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	50.23
222	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	47.46
223	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	48.83
224	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	45.51
225	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	47.27
226	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	47.27
227	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	46.29
228	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	51.76
229	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	51.95
230	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	43.95
231	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	51.17
232	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	48.44
233	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	59.61
234	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	54.96
235	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	48.52
236	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	51.84
237	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	45.59
238	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	24.69
239	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	58.98
240	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	60.98
241	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	53.71
242	SABADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	61.84
243	SABADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	58.42

244	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	56.95
245	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	54.22
246	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	40.94
247	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	59.1
248	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	55.39
249	SABADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	38.55
250	SABADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	16.09
251	SÁBADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	18.83
252	SÁBADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	22.34
253	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	50.3
254	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	50.5
255	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	47.18
256	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	54.6
257	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	47.77
258	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	54.6
259	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	47.73
260	SABADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	49.22
261	SABADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	45.12
262	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	44.73
263	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	44.34
264	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	40.82
265	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	48.44
266	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	42.97
267	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	53.13
268	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	40.23
269	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	44.73
270	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	44.14
271	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	35.04
272	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	47.73
273	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	17
274	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	20.56
275	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	38.9
276	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	43.2
277	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	39.45
278	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	49.3
279	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	54.57
280	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	49.96
281	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	48.32
282	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	35.35
283	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	49.1
284	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	45.36
285	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	30.94
286	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	29.77
287	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	29.77
288	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	32.11
289	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	29.18
290	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	41.88
291	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	21.41
292	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	14.34
293	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	19.84
294	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	46.05
295	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	35.12
296	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	41.76
297	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	35.7
298	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	32.38
299	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	31.21
300	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	31.6
301	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	58.59
302	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	49.22
303	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	45.31
304	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	45.31
305	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	45.51
306	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	53.32
307	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	44.92
308	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	43.75

Anexo 11. Resumen de concentraciones de CO (día y lugar) obtenidas por el monitor de medición

NN	DIA	UBICACIÓN		LUGAR	CO (ug/m3)
		NORTE	ESTE		
1	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	10225.47
2	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	9752.45
3	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	8821.19
4	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	10821.19
5	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	8145.28
6	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	11790.14
7	LUNES	8288198.48	379144.71	AV CIRC OESTE	10225.47
8	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	11410.27
9	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	10356.31
10	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	9485.64
11	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	8374.40
12	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	8683.72
13	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	10374.40
14	LUNES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	8993.03
15	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	11822.68
16	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	14239.92
17	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	9325.26
18	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	10798.28
19	LUNES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	8889.93
20	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	12384.03
21	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	8993.03
22	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	8328.58
23	LUNES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	8993.03
24	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	10344.85
25	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	8924.29
26	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	12109.09
27	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	11020.76
28	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	10276.11
29	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	9462.73
30	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	9428.36
31	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	8523.33
32	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	8065.09
33	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	9007.81
34	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	9978.25
35	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	8343.35
36	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	9554.38
37	LUNES	8287732.26	379390.42	AV HUANCANE	9428.36
38	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	10734.4
39	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	13094.3
40	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	10734.4
41	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	7366.3
42	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	8718.1
43	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	10803.1
44	LUNES	8287725.98	379390.62	AV CIRC ESTE	10734.4
45	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	10076.54
46	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	9015.94
47	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	9927.61
48	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	11827.83
49	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	9015.94
50	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	8953.85
51	MARTES	8288220.91	378723.45	AV CIRC OESTE	8369.59
52	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	9073.22
53	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	7790.14
54	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	9657.48
55	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	9657.48
56	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	8832.65
57	MARTES	8285997.25	379793.98	AV. TACNA	9233.61
58	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	7980.08
59	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	8065.09
60	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	8718.08

61	MARTES	8285333.26	379088.14	AV. MART 4 NOV	8385.86
62	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	6472.69
63	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	7379.55
64	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	6346.67
65	MARTES	8286447.89	377489.14	AV H. DEL PACIF	8156.74
66	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	5075.05
67	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	5384.36
68	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	12143.46
69	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	7343.35
70	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	7446.46
71	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	9737.68
72	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	9027.40
73	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	7709.95
74	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	7240.25
75	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	6300.85
76	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	8614.98
77	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	5842.61
78	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	5384.36
79	MARTES	8288088.23	379691.74	AV HUANCANE	7022.58
80	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	10092.8
81	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	9657.5
82	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	7205.9
83	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	10711.4
84	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	7205.9
85	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	7446.5
86	MARTES	8287543.11	379418.11	AV CIRC ESTE	7446.5
87	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	7369.59
88	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	15426.87
89	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	6770.55
90	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	15934.25
91	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	13947.21
92	MIÉRCOLES	8288089.06	378208.38	AV CIRC OESTE	8637.89
93	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	10539.60
94	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	9015.94
95	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	8546.24
96	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	8695.17
97	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	8477.51
98	MIÉRCOLES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	8695.17
99	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	6094.64
100	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	7377.72
101	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	7755.77
102	MIÉRCOLES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	7308.99
103	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	8122.43
104	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	8379.55
105	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	7111.31
106	MIÉRCOLES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	7324.12
107	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	8030.72
108	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	6541.43
109	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	6151.92
110	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	7109.42
111	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	9978.25
112	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	8978.25
113	MIÉRCOLES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	8855.56
114	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	9749.1
115	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	12269.5
116	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	9084.7
117	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	12477.2
118	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	12269.5
119	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	9084.7
120	MIÉRCOLES	8287058.08	379602.01	AV CIRC ESTE	10688.5

121	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	9405.45
122	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	9245.06
123	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	7492.28
124	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	7824.51
125	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	8179.65
126	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	9015.94
127	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	9317.12
128	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	8248.38
129	JUEVES	8288067.13	378034.93	AV CIRC OESTE	9668.94
130	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	9668.94
131	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	8397.31
132	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	8030.72
133	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	8855.56
134	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	9588.75
135	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	9840.78
136	JUEVES	8285916.28	379586.18	AV. TACNA	11914.33
137	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	6484.15
138	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	7446.46
139	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	7510.38
140	JUEVES	8283833.53	379655.64	AV. MART 4 NOV	6854.06
141	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	8374.40
142	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	8374.40
143	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	6690.36
144	JUEVES	8286304.44	377099.78	AV H. DEL PACIF	10402.13
145	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	7664.12
146	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	6976.76
147	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	6300.85
148	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	5636.40
149	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	9038.86
150	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	8436.50
151	JUEVES	8288406.79	379999.13	AV HUANCANE	6850.74
152	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	11101.0
153	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	8030.7
154	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	11101.0
155	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	11101.0
156	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	7664.1
157	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	9176.3
158	JUEVES	8286271.56	379903.26	AV CIRC ESTE	6633.1
159	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	10562.51
160	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	8867.01
161	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	10837.46
162	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	11318.62
163	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	10120.76
164	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	9176.33
165	VIERNES	8288093.85	377946.38	AV CIRC OESTE	10004.49
166	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	10012.62
167	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	8546.24
168	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	8099.46
169	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	8328.58
170	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	10230.72
171	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	8099.46
172	VIERNES	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	8695.17
173	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	6747.64
174	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	6747.64
175	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	8678.90
176	VIERNES	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	7885.11
177	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	8466.05
178	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	9050.31
179	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	11616.48
180	VIERNES	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	10791.64

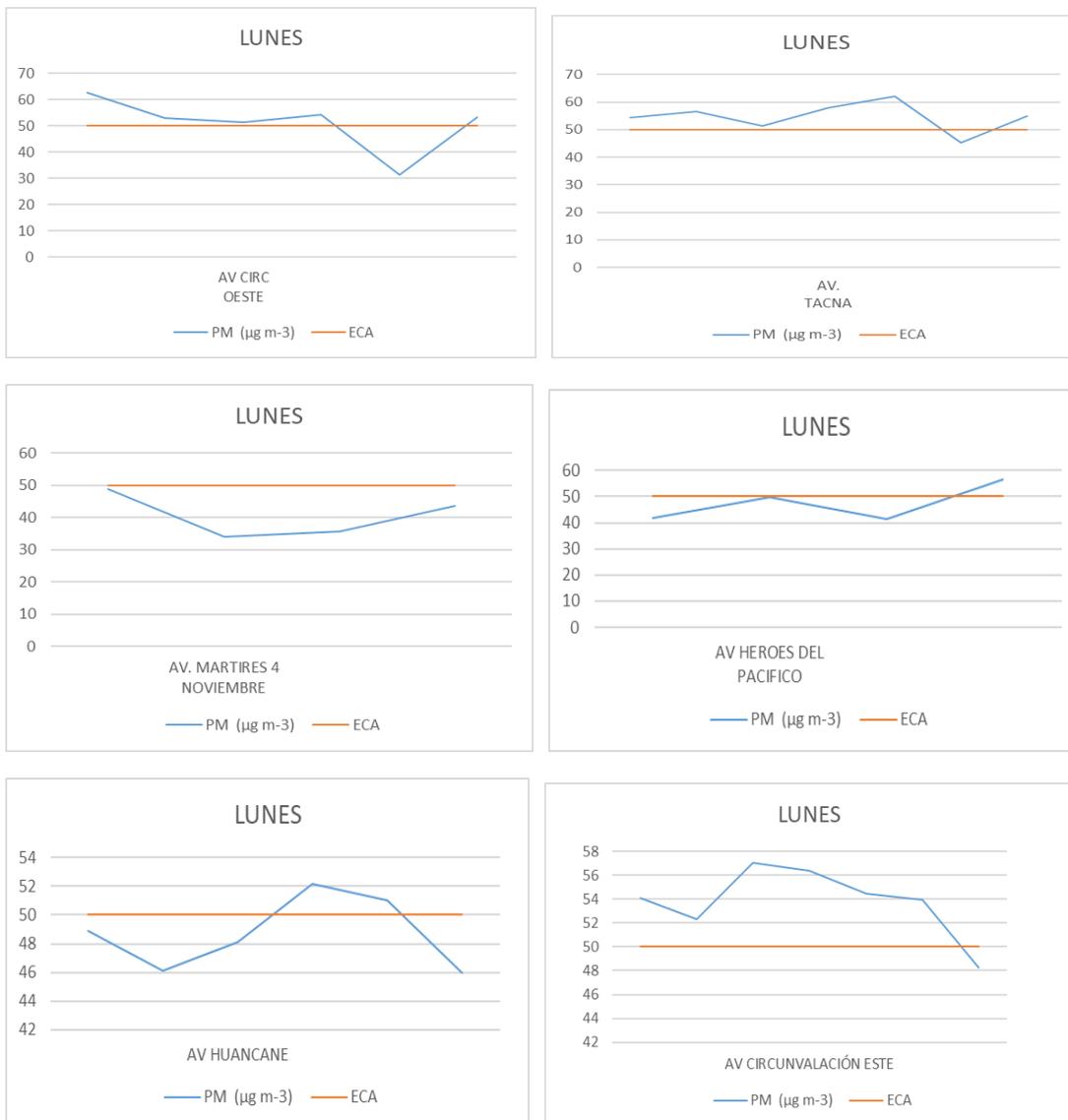
181	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	7400.63
182	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	10310.48
183	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	8294.21
184	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	10803.09
185	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	9302.35
186	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	11318.62
187	VIERNES	8288893.97	380459.9	AV HUANCANE	10173.01
188	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	8580.6
189	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	11353.0
190	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	9256.5
191	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	9256.5
192	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	11353.0
193	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	6037.4
194	VIERNES	8286368	379866.23	AV CIRC ESTE	10207.4
195	SABADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	9015.94
196	SABADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	9782.01
197	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	7215.84
198	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	7341.86
199	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	8066.91
200	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	8906.53
201	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	8006.31
202	SÁBADO	8287505.51	377368.9	AV CIRC OESTE	8052.14
203	SABADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	7412.09
204	SABADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	6287.90
205	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	9004.49
206	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	9004.49
207	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	9336.71
208	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	8993.03
209	SÁBADO	8285796.51	379271.19	AV. TACNA	6971.94
210	SABADO	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	6346.67
211	SABADO	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	7675.58
212	SÁBADO	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	7160.06
213	SÁBADO	8284529.39	379387.39	AV. MART 4 NOV	8595.39
214	SABADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	12051.81
215	SABADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	12487.14
216	SÁBADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	9050.31
217	SÁBADO	8286116.73	376794.78	AV H. DEL PACIF	11616.48
218	SABADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	8145.28
219	SABADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	7251.70
220	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	9863.69
221	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	9015.94
222	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	9863.69
223	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	10757.27
224	SÁBADO	8289444.99	380914.12	AV HUANCANE	9577.29
225	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	9382.5
226	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	8030.7
227	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	10161.6
228	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	8867.0
229	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	11032.2
230	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	9772.0
231	SÁBADO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	8214.0
232	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	8517.02
233	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	7422.05
234	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	7731.37
235	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	6052.14
236	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	7243.57
237	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	8562.51
238	DOMINGO	8287013.04	377257.5	AV CIRC OESTE	8935.75
239	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	7412.09
240	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	6621.62



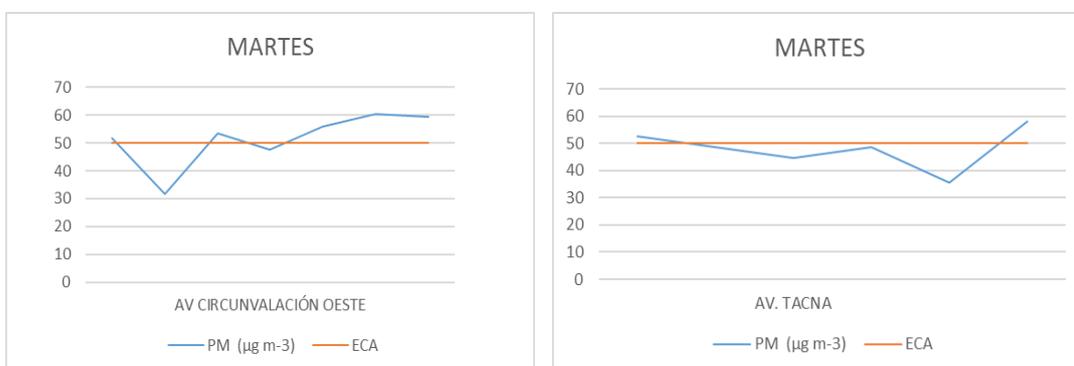
241	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	6621.62
242	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	6449.78
243	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	6014.45
244	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	6392.50
245	DOMINGO	8285740.93	379068.4	AV. TACNA	8752.45
246	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	6678.90
247	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	7160.06
248	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	7595.39
249	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	6541.43
250	DOMINGO	8283203.45	379915.92	AV. MART 4 NOV	6747.64
251	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	9428.36
252	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	9336.71
253	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	9428.36
254	DOMINGO	8285242.93	375048.3	AV H. DEL PACIF	8328.58
255	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	5201.06
256	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	5865.52
257	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	4903.21
258	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	6839.29
259	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	4433.51
260	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	4433.51
261	DOMINGO	8290033.54	381214.61	AV HUANCANE	3035.86
262	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	7480.8
263	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	4593.9
264	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	6724.7
265	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	6724.7
266	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	3139.0
267	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	6724.7
268	DOMINGO	8286270.64	379904.64	AV CIRC ESTE	7721.4

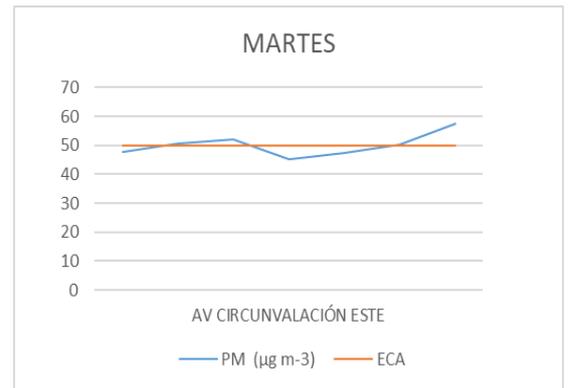
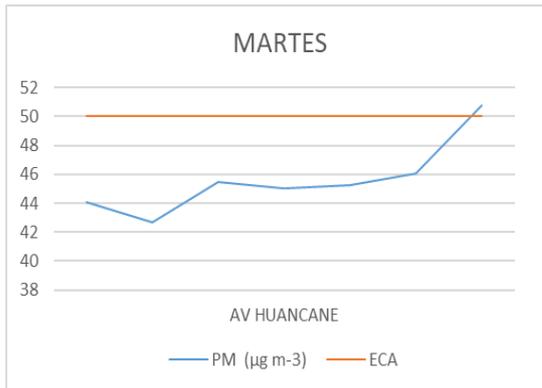
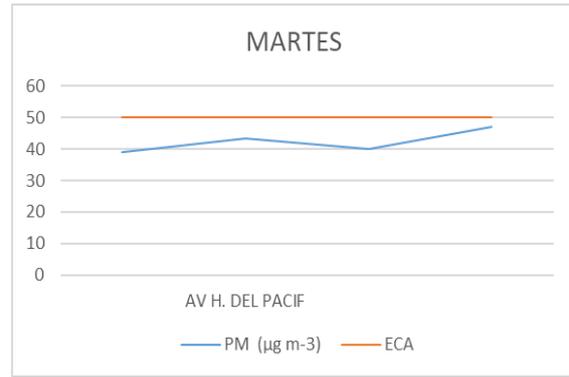
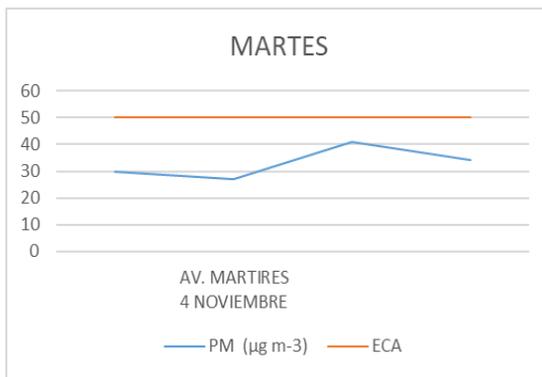
Anexo 12. Tendencia del comportamiento del PM_{2.5} y CO por días y por rutas

Comportamiento del PM_{2.5} día lunes

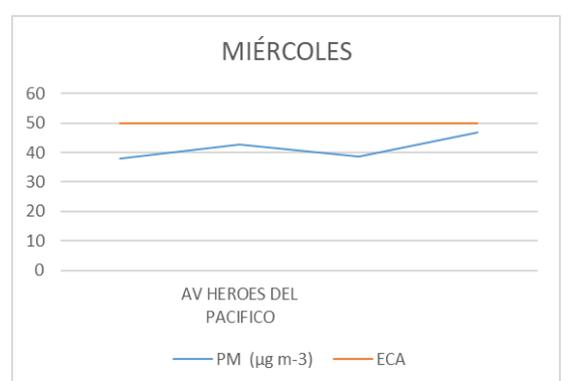
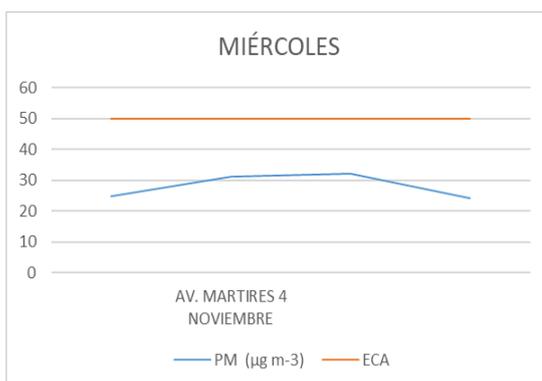
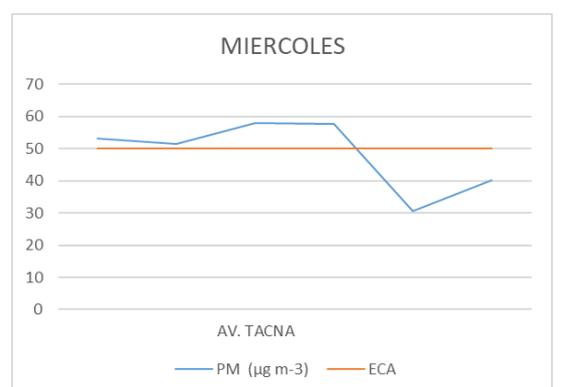
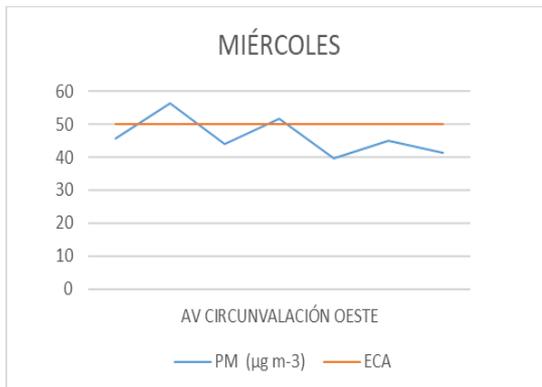


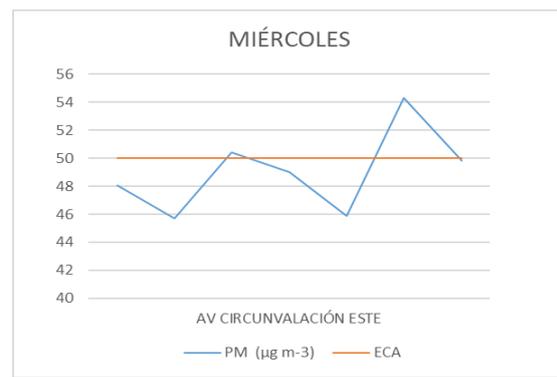
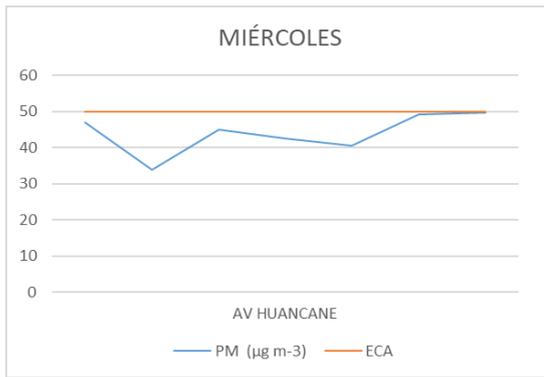
Comportamiento del PM_{2.5} día martes



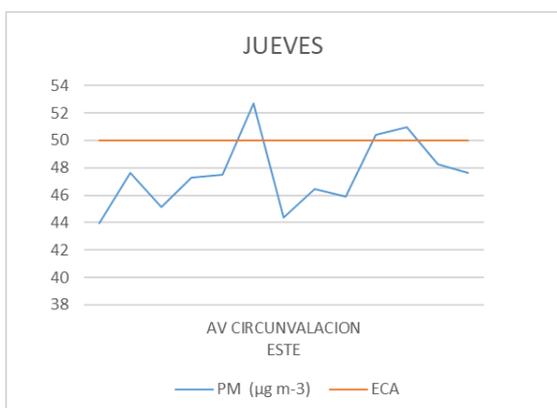
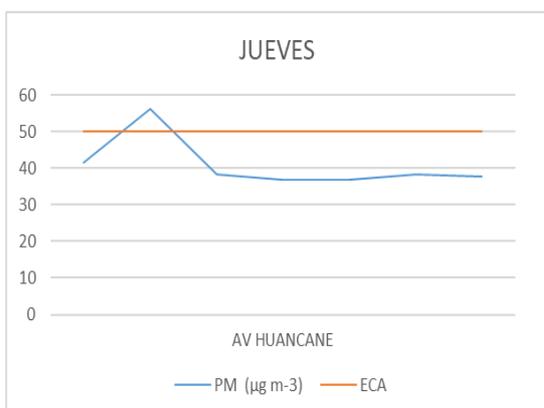
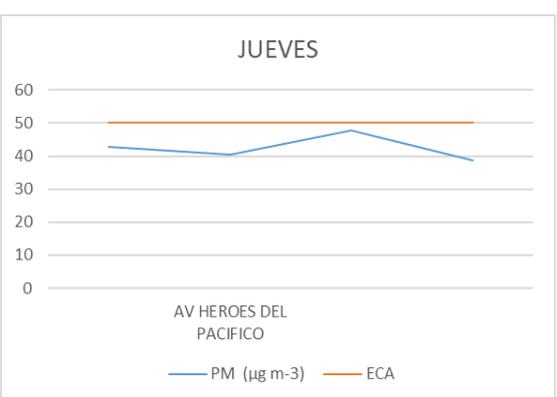
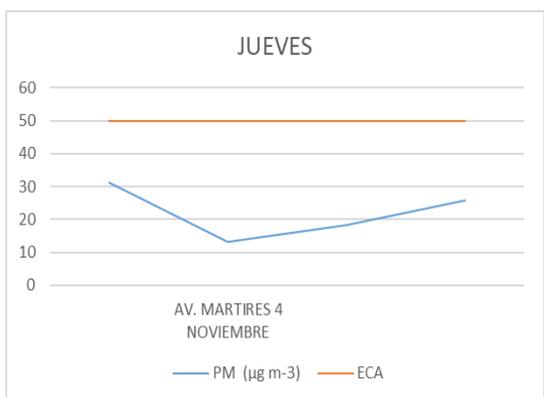
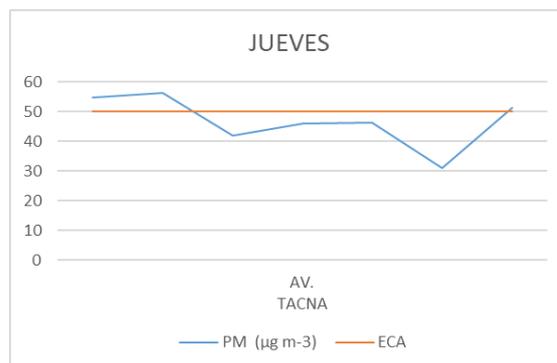
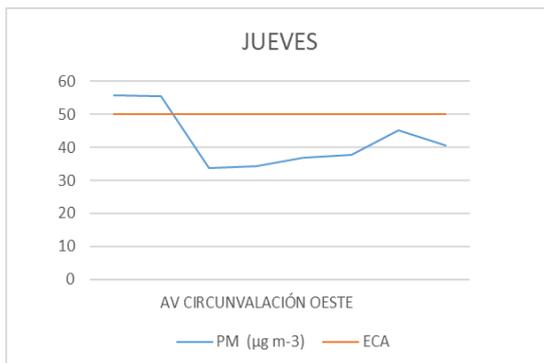


Comportamiento del PM_{2.5} día miércoles

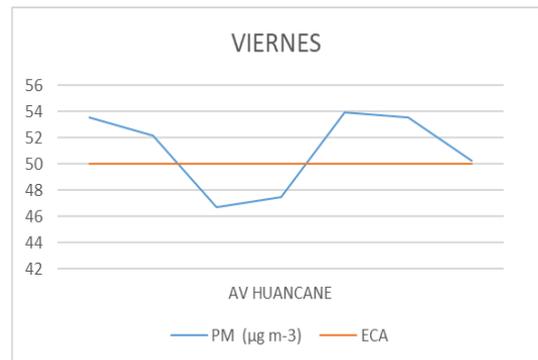
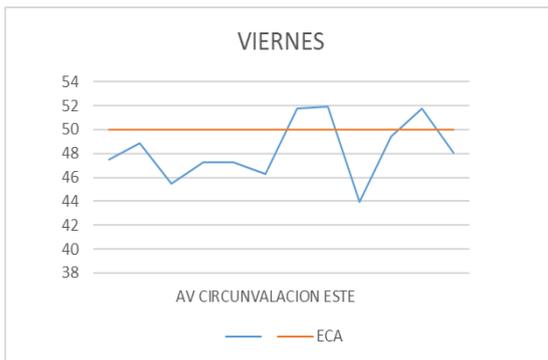
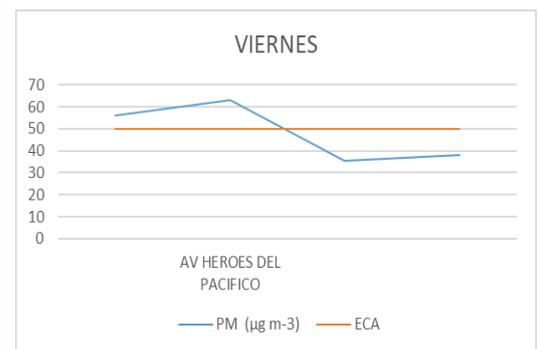
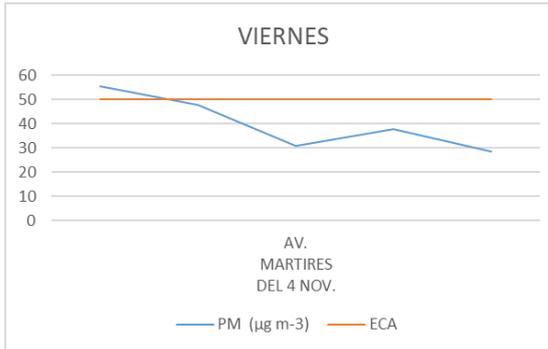
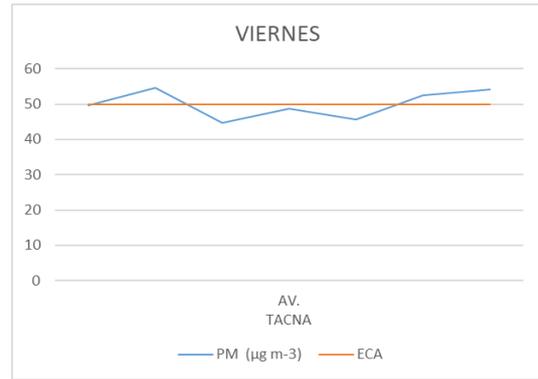
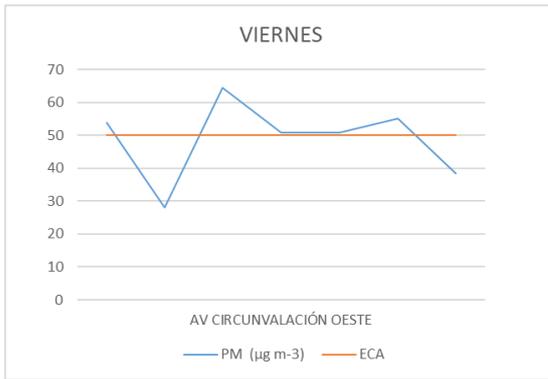




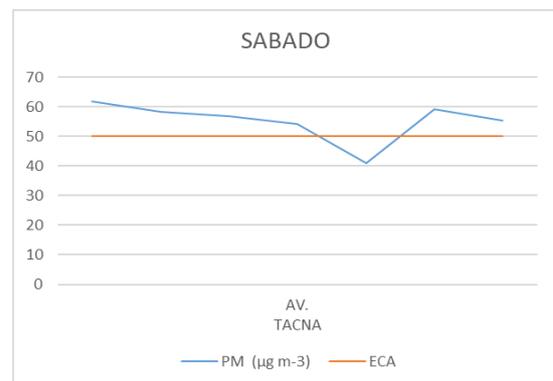
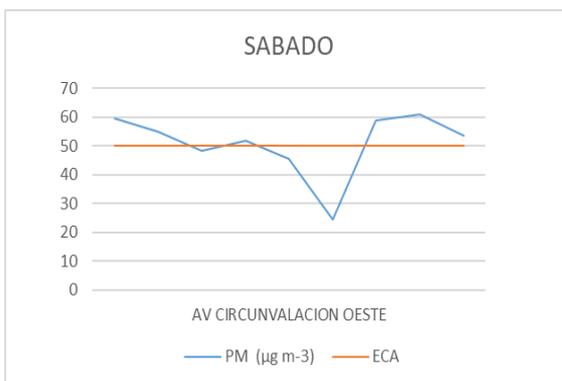
Comportamiento del $\text{PM}_{2.5}$ día jueves

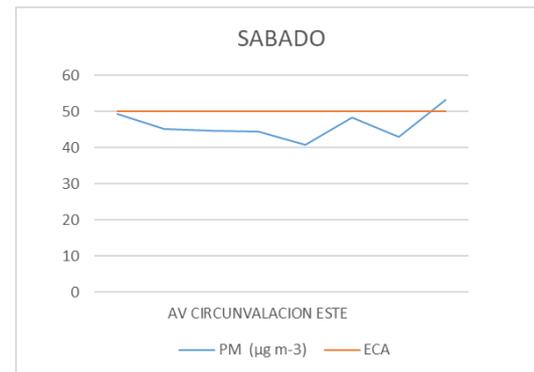
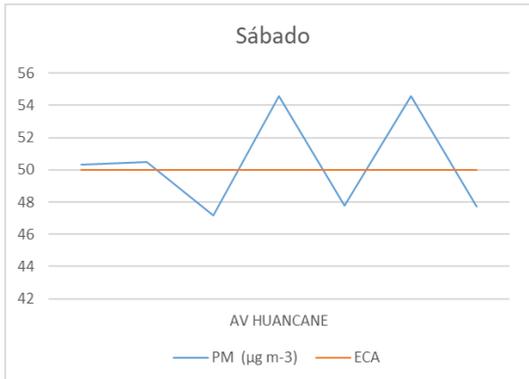
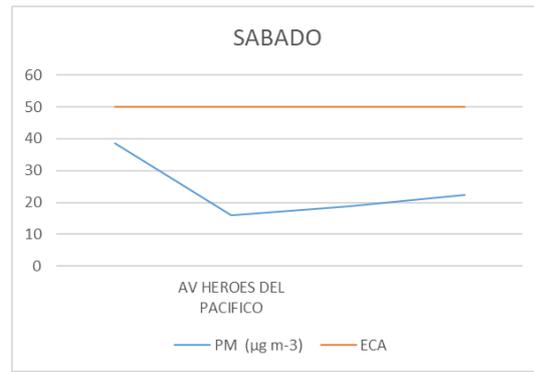
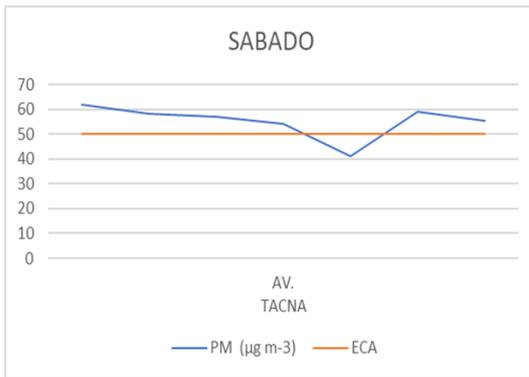


Comportamiento del $\text{PM}_{2.5}$ día viernes

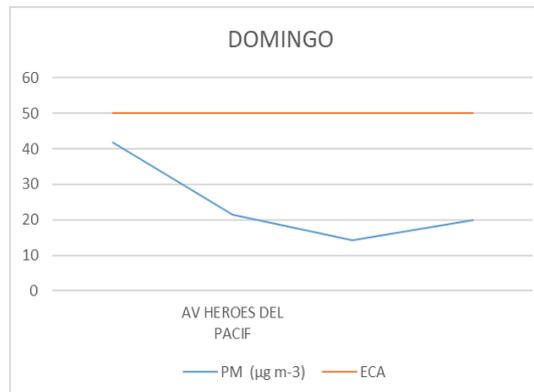
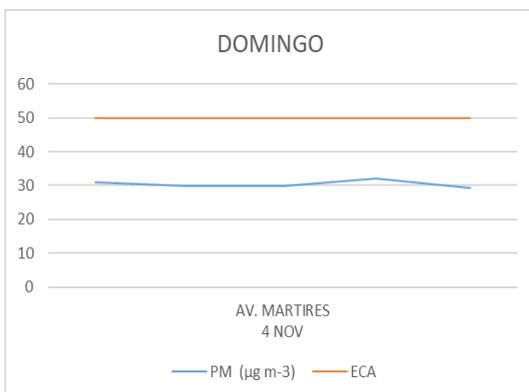
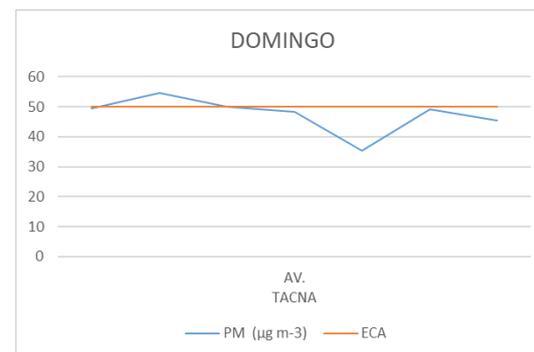
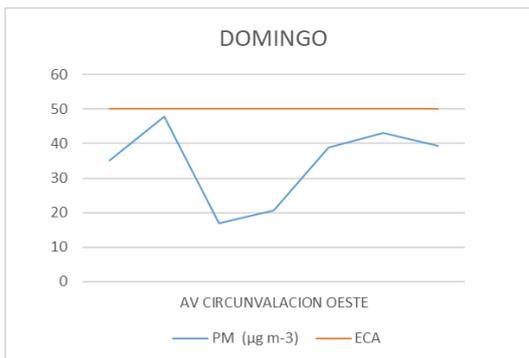


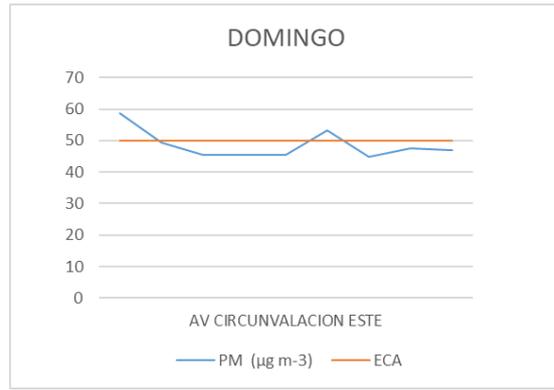
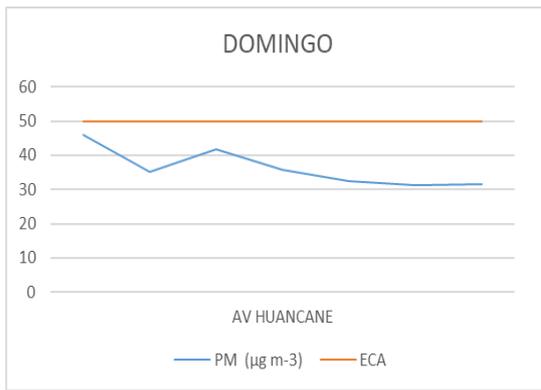
Comportamiento del PM_{2.5} día sábado



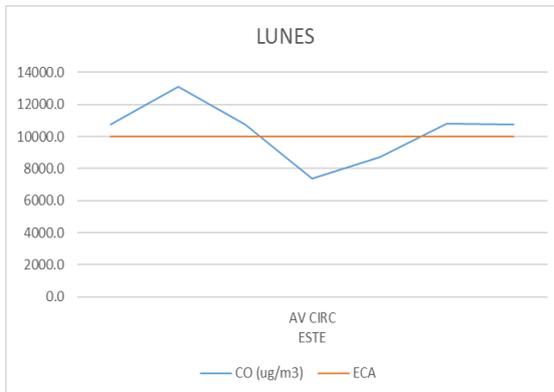
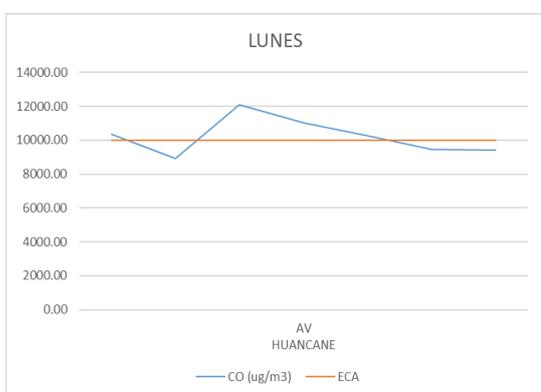
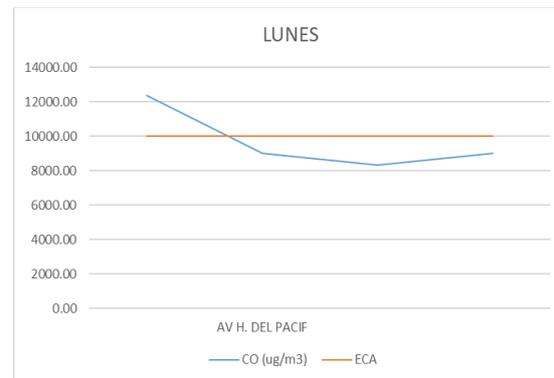
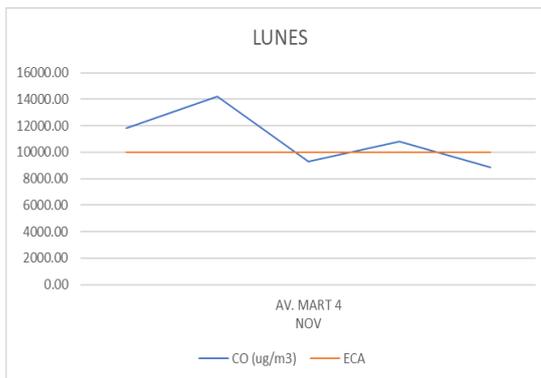
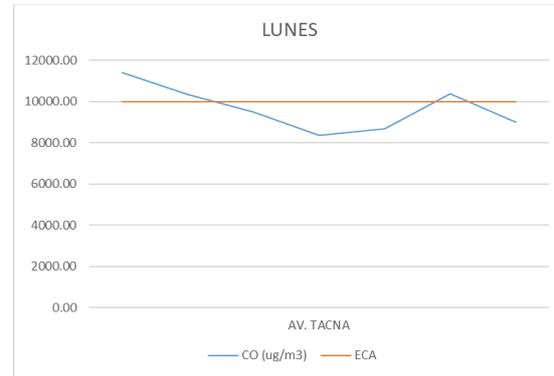
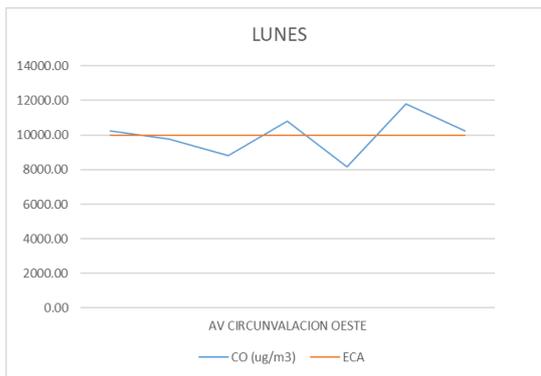


Comportamiento del PM_{2.5} día domingo

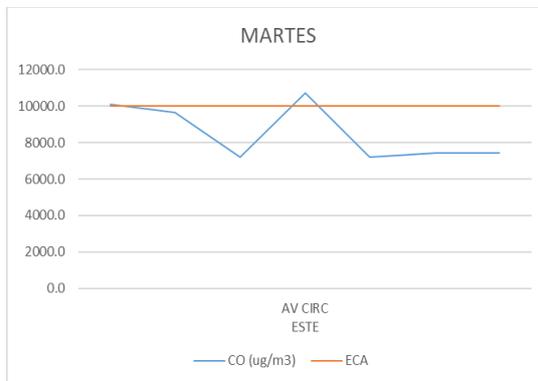
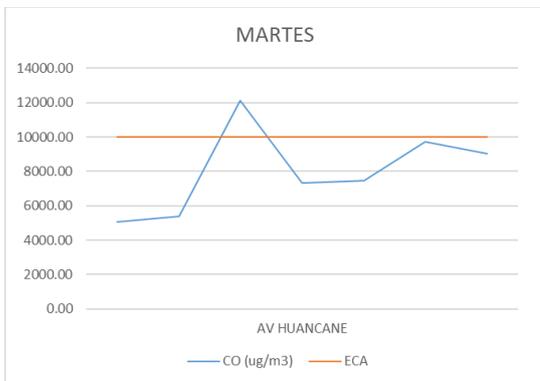
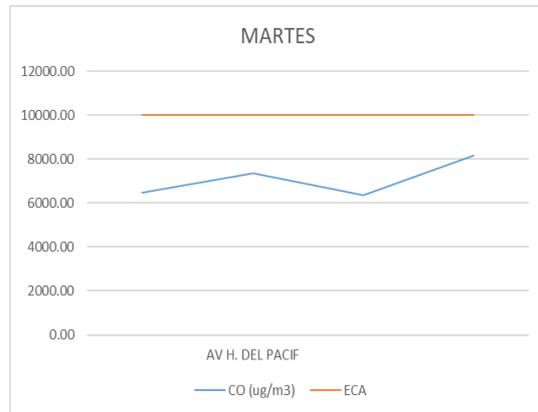
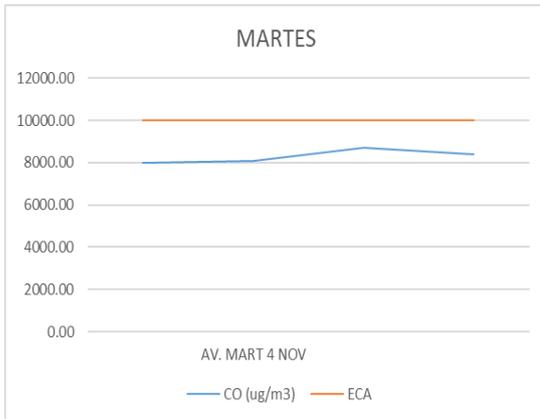
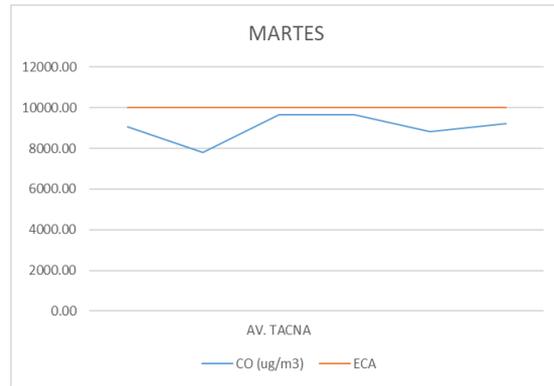
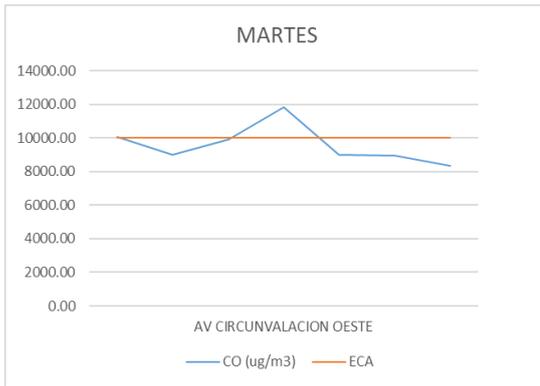




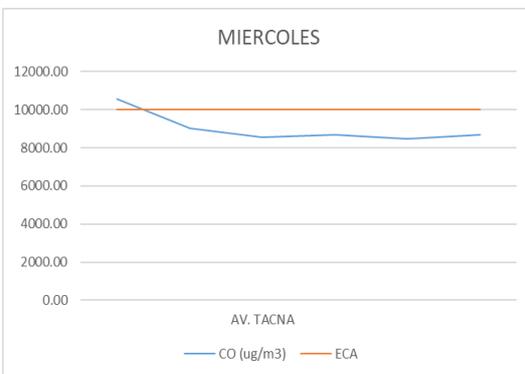
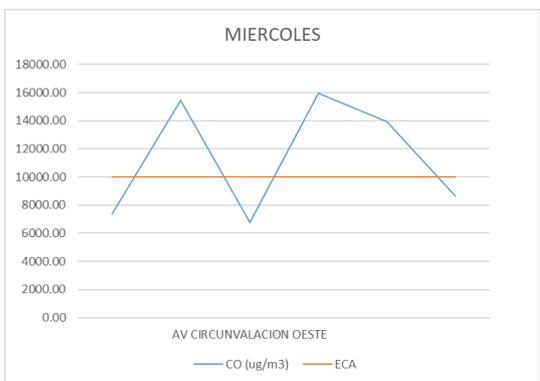
Comportamiento del CO día lunes

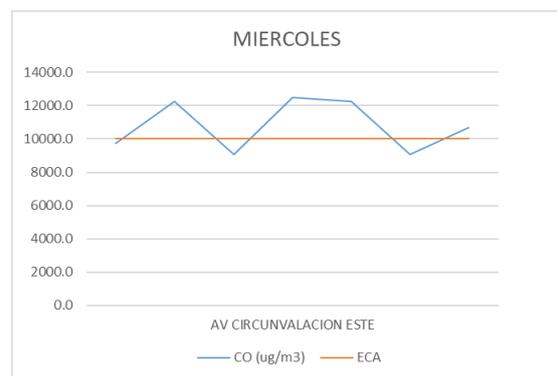
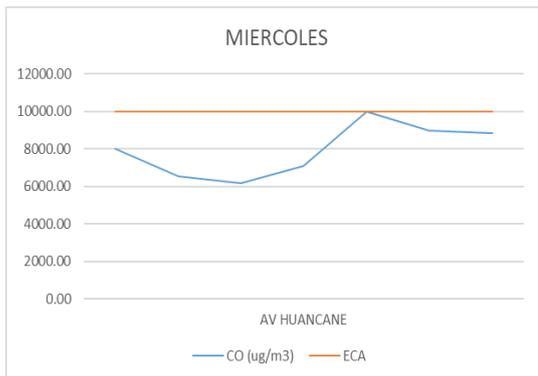
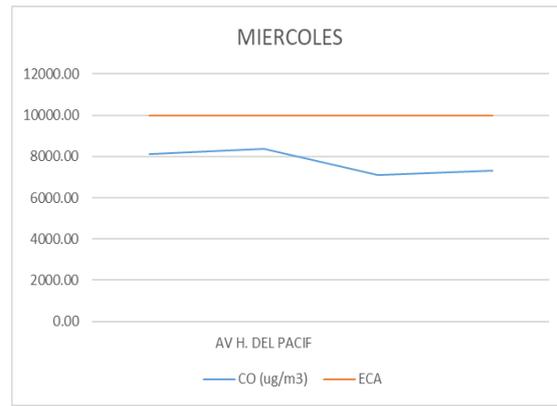
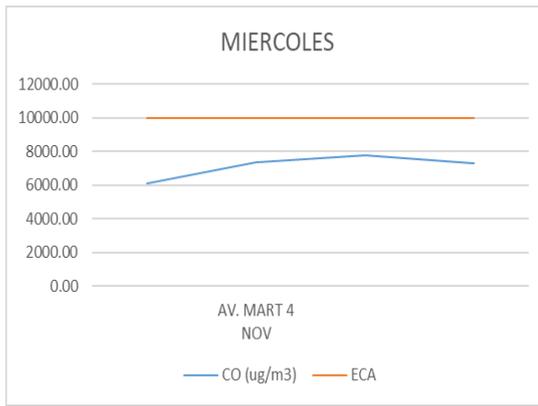


Comportamiento del CO día martes

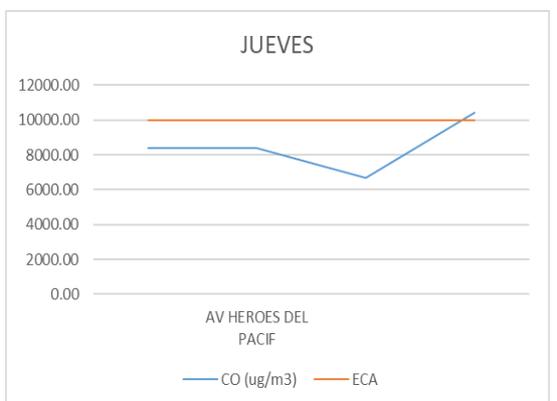
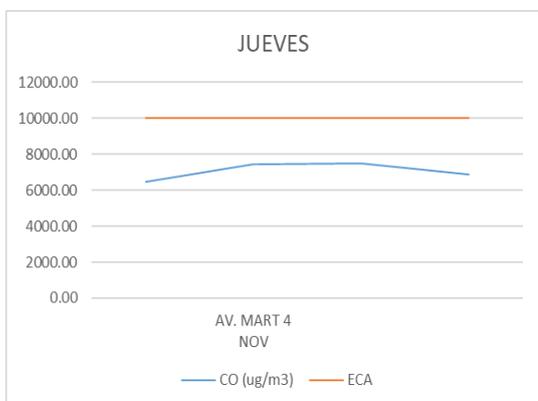
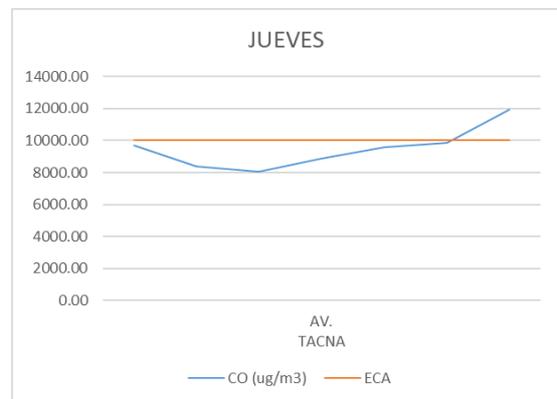
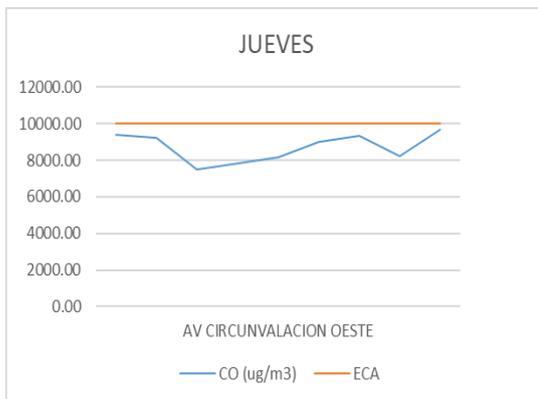


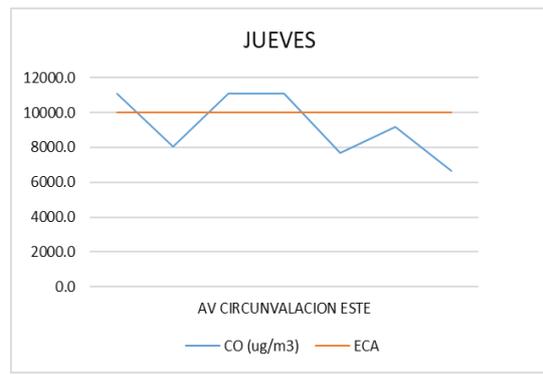
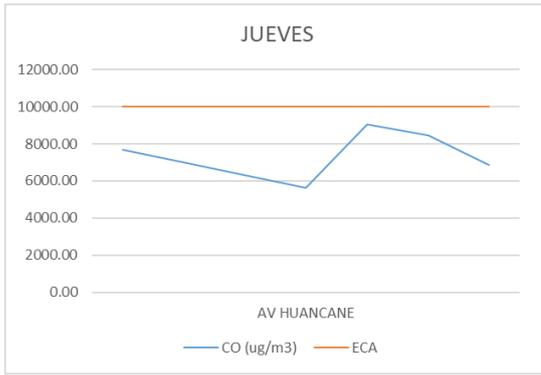
Comportamiento del CO día miércoles



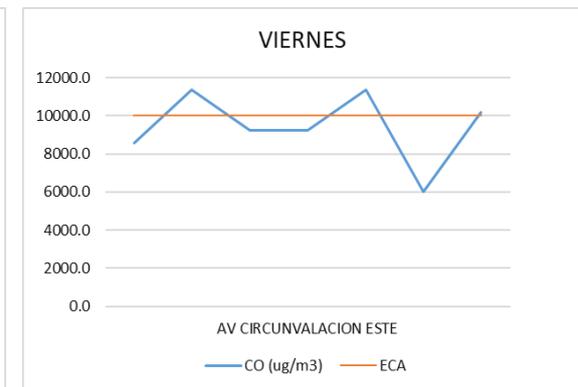
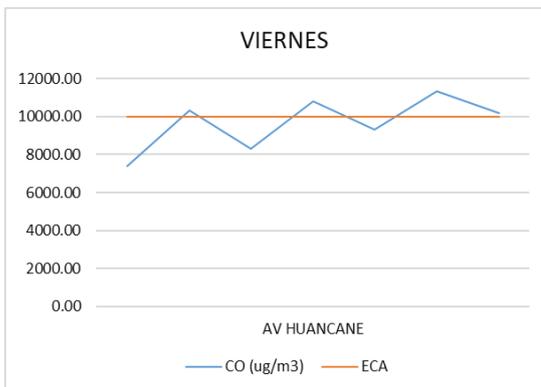
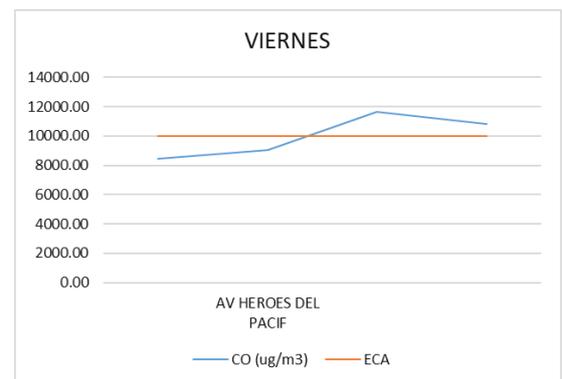
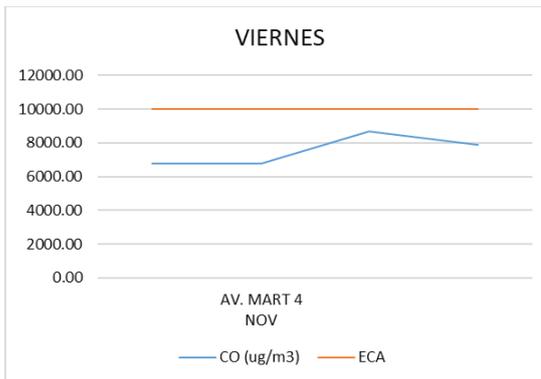
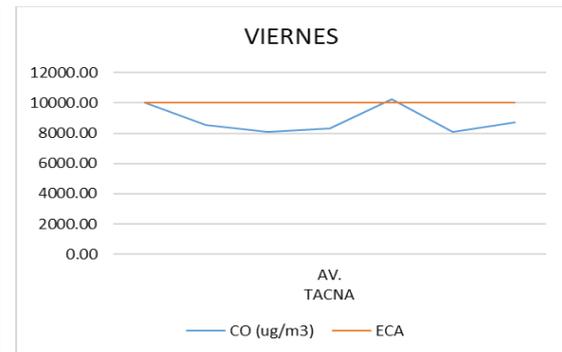
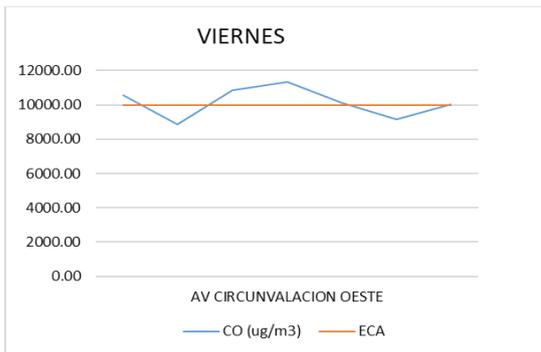


Comportamiento del CO día jueves

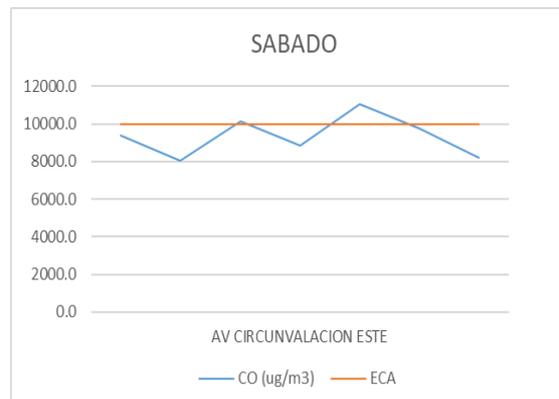
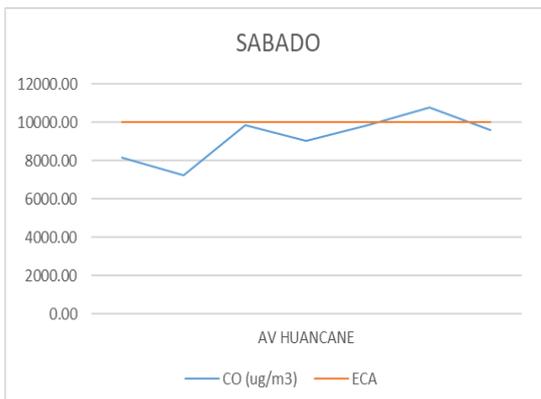
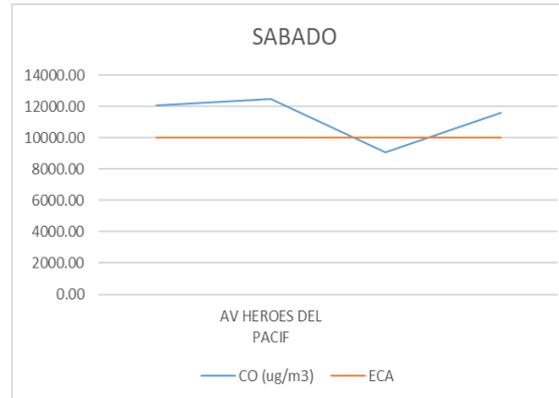
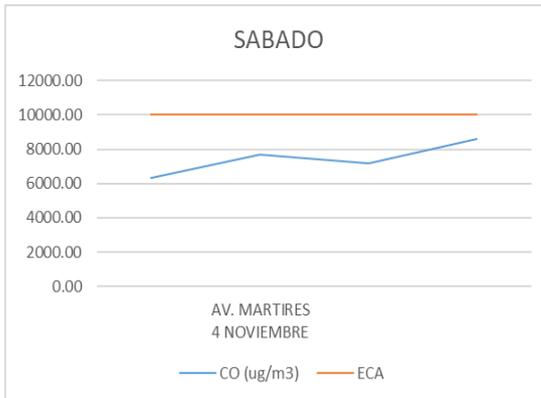
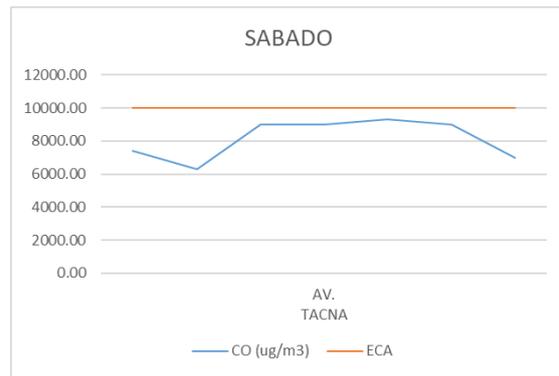
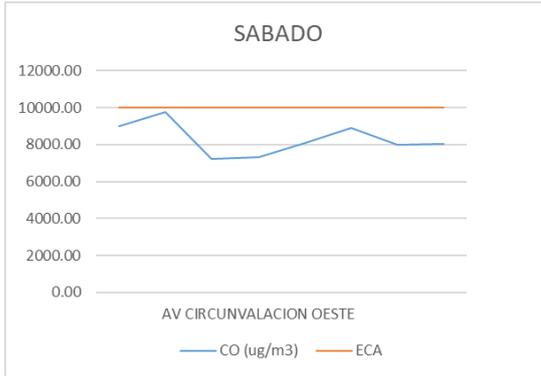




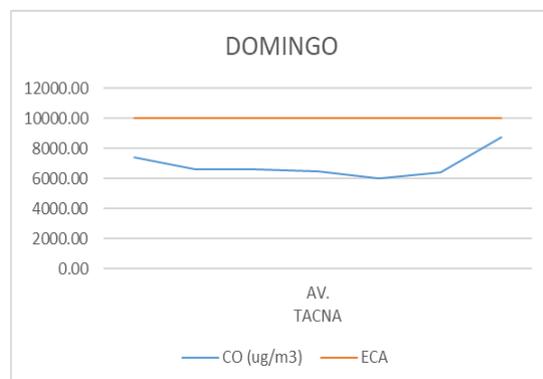
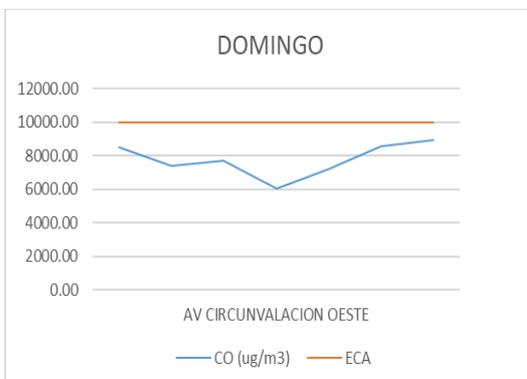
Comportamiento del CO día viernes

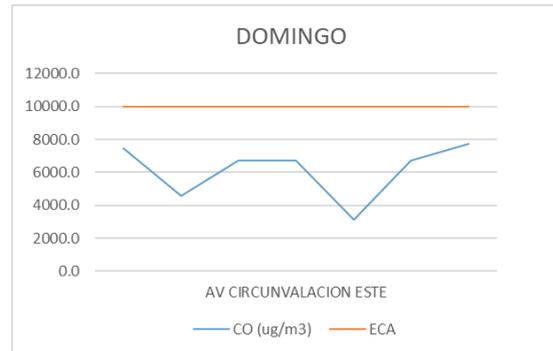
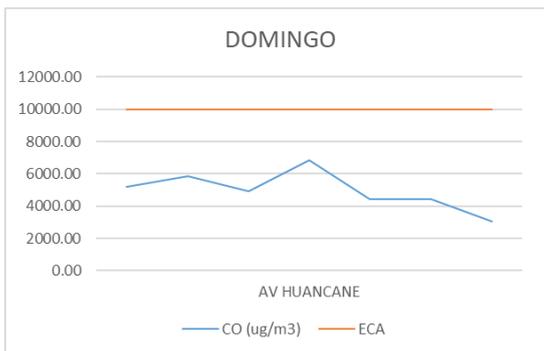
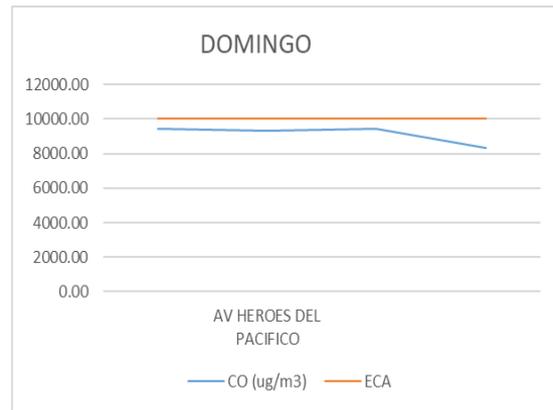
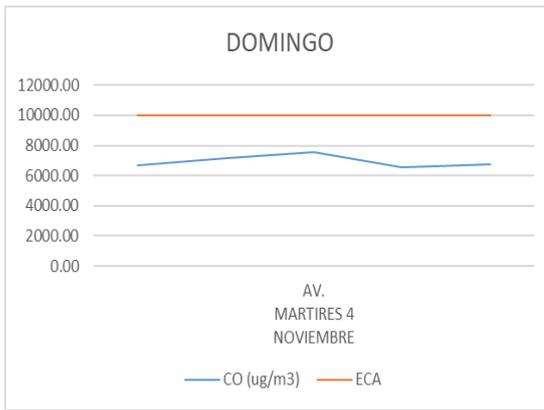


Comportamiento del CO día sábado



Comportamiento del CO día domingo







Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Dania Magali Yana Machaca
identificado con DNI 76374560 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Maestría en Ecología con mención en Evaluación del Impacto Ambiental

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluación espacio-temporal de la calidad del Aire determinada por material
Particulado PM_{2.5} y monóxido de Carbono CO mediante un monitor de
medición (óptico y electroquímico) en 6 principales zonas urbanas en Juliaca 2021"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 04 de abril del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Dania Magali Yana Machaca
identificado con DNI 76374560 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Ecología con mención en Evaluación del Impacto Ambiental
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“Evaluación espacio-temporal de la calidad del Aire determinado por material
particulado $PM_{2.5}$ y monóxido de carbono CO mediante un monitor de
medición (óptico y electroquímico) en 6 principales zonas urbanas en Juliaca 2021

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 04 de abril del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella