

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



**NIVELES DE MONÓXIDO DE CARBONO EN EL AIRE DE LA
CIUDAD DE TINGO MARÍA, AÑO 2017**

TESIS

Para optar al Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

ALAIN RENÉ FONSECA ADRIANZÉN

Tingo María – Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCION



Carretera central Km 1.21 Tingo Maria-Email: posgrado@unas.edu.pe

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

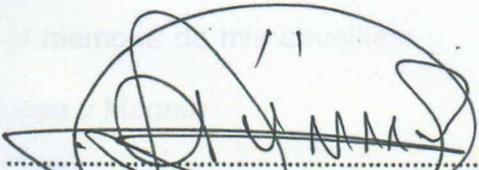
En la ciudad universitaria, siendo las 6:00 pm, del día Lunes 16 de Abril del 2018, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

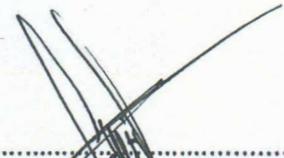
"NIVELES DE MONOXIDO DE CARBONO EN EL AIRE DE ENERO A ABRIL DE LA CIUDAD DE TINGO MARIA, 2017".

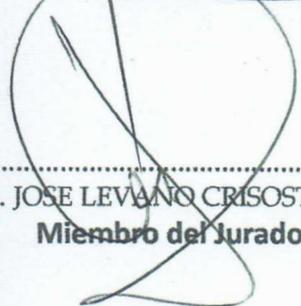
A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención Gestión Ambiental, **FONSECA ADRIANZEN, ALAIN RENE.**

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** Con el calificativo de **BUENO**.

Acto seguido, a horas 8:00 pm. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


.....
DR. RAUL NATIVIDAD FERRER
Presidente del Jurado


.....
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Miembro del Jurado


.....
M.Sc. JOSE LEVANO CRISOSTOMO
Miembro del Jurado


.....
MSc. JOSE BLAS MATIENZO
Miembro del Jurado - Asesor



ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Definición de aire	4
2.3. Contaminación atmosférica	4
2.4. Contaminante del aire	4
2.5. Monóxido de carbono (CO)	4
2.5.1. Generalidades	4
2.5.2. Consecuencias del monóxido de carbono en el ambiente y a la salud	5
2.6. Transporte de contaminantes	6
2.7. Factores de dispersión	6
2.7.1. El viento	7
2.7.2. La humedad relativa (%) y temperatura (°C)	7
2.7.3. La precipitación (mm)	7
2.8. Efectos de los árboles ante los contaminantes	7
2.9. Tasa del flujo vehicular	8
2.10. Normativa de calidad ambiental	8
Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire	8
- Normativa internacional de calidad ambiental del aire	9
2.11. Escalas del monitoreo de monóxido de carbono	9
2.12. Determinación del número de sitios de medición	10
2.13. Procesos de emisión de los vehículos	11
2.14. Parque automotor del departamento de Huánuco	13
2.15. Rosa de los vientos	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15

3.1.	Lugar de ejecución	15
3.1.1.	Ubicación geográfica	15
3.1.2.	Aspectos ambientales	15
3.2.	Materiales	15
3.2.1.	Materiales de laboratorio	15
3.2.2.	Reactivos	15
3.2.3.	Equipos	16
3.3.	Metodología	17
3.3.1.	Reconocimiento del área y establecimiento de los puntos de muestreo	17
3.3.2.	Período de monitoreo de monóxido de carbono	19
3.3.2.1.	Preparación de las soluciones para el monitoreo de monóxido de carbono	19
3.3.2.2.	Toma de muestra para el monitoreo de aire	20
3.3.2.3.	Instalación del equipo	20
3.3.2.4.	Captación de la muestra	21
3.3.2.5.	Análisis del monitoreo	22
3.3.2.6.	Cálculos	22
3.3.3.	Determinación de parámetros físicos	23
3.3.4.	Determinación de la tasa del flujo vehicular	24
3.4.	Diseño de investigación	24
3.4.1.	Unidades experimentales	24
3.4.2.	Variable independiente	24
3.4.3.	Variables de caracterización	25
3.4.4.	Análisis estadístico	27
IV.	RESULTADOS	28
4.1.	Determinación de los niveles y dispersión de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Tingo María	28
4.2.	Determinación de los parámetros físicos en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María	34

4.2.1.	Temperatura (°C)	34
4.2.2.	Humedad relativa (%)	34
4.2.3.	Precipitación (mm)	35
4.2.4.	Velocidad del viento superficial (m/s)	35
4.2.5.	Dirección del viento (grados azimut)	36
4.2.6.	Temperatura vs Humedad relativa	36
4.3.	Estimación del flujo vehicular promedio para los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María	38
4.4.	Determinar la similitud entre los parámetros físicos en los puntos de muestreo y comparar los niveles de monóxido de carbono con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aire	40
4.4.1.	Temperatura	40
4.4.2.	Humedad relativa	42
4.4.3.	Velocidad del viento superficial	44
4.4.4.	Precipitación	46
4.4.5.	Niveles de monóxido de carbono	49
4.4.6.	Flujo vehicular	51
4.4.7.	Flujo vehicular - turno tarde	53
4.4.8.	Flujo vehicular - turno noche	55
V.	DISCUSIÓN	57
VI.	CONCLUSIONES	60
VII.	RECOMENDACIONES	61
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
IX.	ANEXO	65

ÍNDICE DE CUADROS

1. Relación aproximada entre las concentraciones de monóxido de carbono atmosféricas, la cantidad de carboxihemoglobina y los principales síntomas.....	6
2. Niveles de concentración máxima para el monóxido de carbono.	8
3. Niveles de alerta del monóxido de carbono (CO) del aire.....	9
4. Estándares de calidad de aire para diferentes países en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	9
5. Criterios de ubicación de la toma de muestra por contaminante y escala de medición.	10
6. Recomendaciones de número mínimo de estaciones.....	11
7. Parque automotor en circulación y de motocicletas inscritas en la Ciudad de Tingo María de la región de Huánuco.....	13
8. Direcciones primarias y secundarias de las rosas de los vientos.....	14
9. Composición, pureza (%) y marca de los reactivos.	16
10. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María.	17
11. Parámetro evaluado, método de análisis y equipo de muestreo.....	20
12. Datos obtenidos de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las cuatro repeticiones.	34
13. Datos obtenidos de la humedad relativa (%) en las cuatro repeticiones.	34
14. Datos obtenidos de la precipitación (mm) en las cuatro repeticiones. ...	35
15. Datos obtenidos de la Velocidad del viento superficial (m/s) en las cuatro repeticiones.	35
16. Valores de la dirección del viento tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante cuatro meses.....	36
17. Análisis de variancia para la temperatura por repetición.....	40
18. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	41
19. Significancia entre las repeticiones.	41
20. Análisis de variancia para la humedad relativa por repetición.....	42
21. Media para humedad relativa por repetición con intervalos de confianza del 95 %.....	43
22. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	43
23. Significancia entre las repeticiones.	43

24. Análisis de variancia de la velocidad del viento por repetición.....	45
25. Media para la velocidad del viento superficial por repetición con intervalos de confianza del 95 %.....	45
26. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	45
27. Significancia entre las repeticiones.....	46
28. Análisis de variancia para la precipitación por repetición.....	47
29. Medias para la precipitación por repetición con intervalos de confianza del 95 %.....	47
30. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	48
31. Significancia entre las repeticiones.....	48
32. Análisis de variancia para niveles de monóxido de carbono por repetición.....	49
33. Media para los niveles de monóxido de carbono por repetición con intervalos de confianza del 95 %.....	50
34. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	50
35. Significancia entre las repeticiones.....	50
36. Análisis de variancia para flujo vehicular - turno mañana por repetición.....	51
37. Medias para el flujo vehicular - turno mañana por repetición con intervalos de confianza del 95 %.....	52
38. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	52
39. Significancia entre las repeticiones.....	52
40. Análisis de variancia para flujo vehicular - turno tarde por repetición.....	53
41. Medias para el flujo vehicular - turno tarde por repetición con intervalos de confianza del 95 %.....	54
42. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	54
43. Significancia entre las repeticiones.....	54
44. Análisis de variancia para flujo vehicular - turno noche por repetición.....	55
45. Medias para el flujo vehicular - turno noche por repetición con intervalos de confianza del 95 %.....	56
46. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.....	56
47. Significancia entre las repeticiones.....	56

48. Asociaciones de trimóviles inscritos en el Área de Transporte de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.	66
49. Empresas de transportes de automóviles inscritos en el Área de Transporte de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.	68
50. Enfermedades respiratorias registradas en el Hospital de Tingo María.	70
51. Enfermedades respiratorias registradas en EsSalud H.I. Tingo María... ..	71
52. Datos obtenidos de los niveles de monóxido de carbono (ug/m ³) en las cuatro repeticiones.	72
53. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la primera repetición.	73
54. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la segunda repetición.	74
55. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la tercera repetición.	75
56. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la cuarta repetición.	76
57. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la primera repetición.	77
58. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la segunda repetición.	78
59. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la tercera repetición.	79
60. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la tercera repetición.	80

INDICE DE FIGURAS

1. Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores.....	12
2. Ubicación de los puntos de muestreo en la zona urbana de la ciudad de Tingo María.	18
3. Diseño de investigación de los Niveles de Monóxido de Carbono en el aire de la ciudad de Tingo María.	26
4. Niveles de monóxido de carbono tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante cuatro meses.	28
5. Rosa de vientos generado de la primera medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono.	30
6. Rosa de vientos generado de la segunda medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono.	31
7. Rosa de vientos generado de la tercera medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono.	32
8. Rosa de vientos generado de la cuarta medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono.	33
9. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 01 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	36
10. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 02 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	37
11. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 03 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	37
12. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 04 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	38
13. Valores del flujo vehicular tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante cuatro meses.....	39
14. Valores de temperatura tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	41
15. Valores de humedad relativa tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	44
16. Valores de la velocidad del viento superficial en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	46

17. Valores de precipitaciones tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.	48
18. Gráfico de cajas y bigotes para la temperatura.	81
19. Gráfico de cajas y bigotes para la Humedad relativa.	81
20. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	82
21. Gráfico de cajas y bigotes para la precipitación.	82
22. Gráfico de cajas y bigotes para el Nivel de Monóxido de Carbono.	83
23. Gráfico de cajas y bigotes para el flujo vehicular – turno mañana.	83
24. Gráfico de cajas y bigotes para el flujo vehicular – turno tarde.	84
25. Gráfico de cajas y bigotes para el flujo vehicular – turno noche.	84
26. Gráfico para temperaturas del análisis de variancia.	85
27. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	85
28. Gráfico para humedad relativa del análisis de variancia.	86
29. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	86
30. Gráfico para la velocidad del viento del análisis de variancia.	87
31. Gráfico de cajas y bigotes para la Velocidad del viento superficial.	87
32. Gráfico para la precipitación del análisis de variancia.	88
33. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	88
34. Gráfico para los niveles de monóxido de carbono del análisis de variancia.	89
35. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	89
36. Gráfico para el flujo vehicular - turno mañana del análisis de variancia.	90
37. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	90
38. Gráfico para el flujo vehicular - turno tarde del análisis de variancia.	91
39. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	91
40. Gráfico para el flujo vehicular - turno noche del análisis de variancia.	92
41. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.	92
42. Medición del flujo vehicular en el primer punto de muestreo, ubicado en dirección a la entrada de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. CUTM: 389702,9747 E – 8971757,357 N.	93

43. Evaluación de los niveles de CO en el primer punto de muestreo, ubicado en dirección a la entrada de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. CUTM: 389702,9747 E – 8971757,357 N.	93
44. Medición del flujo vehicular en el segundo punto de muestreo, ubicado en la primera cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 389948,2107 E – 8971634,797 N.....	94
45. Evaluación de los niveles de CO en el segundo punto de muestreo, ubicado en la primera cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 389948,2107 E – 8971634,797 N.....	94
46. Medición del flujo vehicular en el tercer punto de muestreo, ubicado en la tercera cuadra de la Av. Tito Jaime Fernández. CUTM: 389982,8715 E – 8971949,542 N.	95
47. Evaluación de los niveles de CO en el tercer punto de muestreo, ubicado en la tercera cuadra de la Av. Tito Jaime Fernández. CUTM: 389982,8715 E – 8971949,542 N.....	95
48. Medición del flujo vehicular en el cuarto punto de muestreo, ubicado en la última cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 390355,4838 E – 8972034,977 N.	96
49. Evaluación de los niveles de CO en el cuarto punto de muestreo, ubicado en la última cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 390355,4838 E – 8972034,977 N.	96
50. Calibración de los caudales del tren de muestreo.....	97
51. Tren de muestreo.....	97
52. Evaluación de los niveles de CO en el cuarto punto de muestreo.	98
53. Preparación del blanco de muestra.....	98
54. Muestras de monóxido de carbono de los puntos de muestreo.	99
55. Medición de la velocidad y dirección del viento en el primer punto de muestreo.....	99
56. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la primera repetición.	100
57. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la segunda repetición. ..	101

58. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la tercera repetición. 102
59. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la cuarta repetición. 103

RESUMEN

El aumento del parque automotor en las ciudades viene incrementando los niveles de monóxido de carbono en el aire, especialmente en ciertas zonas de mayor tráfico vehicular. El objetivo fue, determinar los niveles de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Tingo María, tomando como criterio el flujo vehicular, se establecieron cuatro puntos de muestreo y las mediciones de los niveles de CO fueron a partir de las 11:00 a.m. hasta las 07:00 p.m. a periodos mensuales en días consecutivos a fin de poder observar la variación en el tiempo. Como solución captadora de monóxido de carbono se siguió el método propuesto por ENVIROTEST (2013), para el monitoreo de este gas se empleó trenes de muestreo (método dinámico) donde se atrapa el gas en la solución captadora; el flujo de monitoreo es de 0,5 L por minuto por un período de (08) horas, expresados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el muestreo se realizó de acuerdo al procedimiento PM-OPE-20 "Muestreo de Calidad de Aire – Gas CO" (ENVIROTEST, 2013). La dispersión del monóxido de carbono en la ciudad de Tingo María es variable, el monóxido de carbono (CO) en el aire con respecto al flujo vehicular es directamente proporcional e influenciado por la dirección y la velocidad del viento, el flujo vehicular promedio es variable con respecto a los puntos y turnos establecidos, los niveles de monóxido de carbono (CO) obtenidos en el aire de la ciudad no sobrepasan los $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de acuerdo al Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta por contaminación del aire (D. S. N° 009-2003-SA), no se clasifican en ninguno de sus niveles establecidos. Esto nos demuestra que los niveles de monóxido de carbono en el aire de la ciudad de Tingo María no sobrepasan los límites máximos permisibles.

Palabras clave: niveles de monóxido de carbono, flujo vehicular, contaminación, Tingo María.

ABSTRACT

The increase of the fleet in cities causes an increase in the levels of carbon monoxide in the air, especially in certain zones of greater traffic flow. The objective was to determine the levels of carbon monoxide (CO) in the air in the city of Tingo Maria, using vehicle flow as the criteria, four sampling points were established and the measurements of CO levels were taken starting at 11:00 a.m. until 07:00 p.m., monthly, on consecutive days, with the purpose of observing the variation in time. For the solution to capture the carbon monoxide, the method proposed by ENVIROTEST (2013) was followed, for the monitoring of the gas, sampling trains were used (dynamic method), where the gas is trapped in the capturing solution; the monitored flow is 0.5 L per minute, per period (08 hours), expressed in micrograms per cubic meter ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), the sampling was done according to the PM-OPE-20 "Sampling of Air Quality – Gas CO" (ENVIROTEST, 2013). The dispersion of carbon monoxide in the city of Tingo Maria varies, the amount of carbon monoxide (CO) in the air, with respect to the vehicle flow, it is directly proportionate and influenced by the direction and velocity of the wind, the average traffic flow is variable with respect to the points and turns established, the levels of carbon monoxide (CO) obtained in the city air do not pass 10,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and according to the Rules for the Levels of Alert Status from air contamination (D. S. N° 009-2003-SA), they do not qualify on any of the established levels. This shows us that the levels of carbon monoxide in the air, in the city of Tingo Maria, do not surpass the maximum allowable limits.

Keywords: levels of carbon monoxide, traffic flow, contamination, Tingo Maria

I. INTRODUCCIÓN

El incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero viene ocasionando preocupación en la sociedad, derivados del incremento poblacional, patrones de producción y consumo, uso energético, deforestación, entre otros. El cambio climático global es un hecho que ya viene afectando nuestra forma de vivir en este planeta. Por lo que, es importante imaginarnos cómo nos afectarán a nosotros y a nuestros descendientes, dichos efectos que serán adversos a los ecosistemas, a la agricultura, seguridad alimentaria, energía, y acceso al agua, entre otros temas de importancia crucial para la humanidad.

Según diferentes estudios, uno de los principales tipos de contaminación es la contaminación del aire. La exposición a este tipo de contaminación puede estar influenciado por la magnitud, alcance y duración de la misma, además del daño que ocasionaría a los seres vivos. Hoy en día, distintos factores como el incremento de la población, el crecimiento económico, y principalmente el aumento del parque automotor, los cuáles desarrollan un proceso de combustión incompleto, son los responsables de la generación de gases contaminantes emitidos a la atmósfera, como es el caso del monóxido de carbono considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre.

A través de esta investigación se en determinar el nivel de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Tingo María con el fin de comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

Como hipótesis se plantea que los niveles de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Tingo María no sobrepasa el nivel de concentración máxima establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aire (D.S. N°074-2001-PCM) y cómo se clasifica según el

Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta por contaminación del aire (D.S. N° 009-2003-SA). Por lo tanto, los objetivos del estudio son:

Objetivo general:

Determinar los niveles de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Tingo María.

Objetivos específicos:

1. Determinar los niveles y dispersión de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Tingo María, mediante la elaboración de las gráficas de las rosas de vientos.
2. Determinar los parámetros físicos en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María.
3. Estimar el flujo vehicular promedio para los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María.
4. Determinar la similitud entre los parámetros físicos en los puntos de muestreo y comparar los niveles de monóxido de carbono con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aire.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

De acuerdo con TELLEZ *et al.* (2006), The Environmental Protection Agency, en los Estados Unidos las emisiones de monóxido de carbono al ambiente son producidas en un 95 % por los vehículos automotores. La Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile informó que para el año 2000, el 91 % de las emisiones de monóxido de carbono en la región metropolitana de Santiago de Chile fueron producidas por el transporte automotor. En México, los vehículos automotores también son responsables de la mayor cantidad de emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera; allí se ha fijado como concentración media de este compuesto para una hora el valor de 11 ppm, que equivale a 100 puntos del Índice Metropolitano de Calidad del Aire.

Asimismo, los mismos autores hacen referencia que en Brasil, el monóxido de carbono es el polutante emitido en mayor cantidad a la atmósfera. En São Paulo 1,5 millones de toneladas son lanzadas al aire anualmente; de estos el 78 % son producidos por los automotores a gasolina o diésel, 15 % por automotores con combustible alcohol, 3 % por motocicletas, 2 % por taxis y 2 % resultan de procesos industriales.

También, afirman que, en Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, estimó para 1996 las emisiones atmosféricas de gases con efecto local en 8,612 kilotoneladas, de las cuales el monóxido de carbono representó el 58 %. En Bogotá, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente estima que la concentración media de monóxido de carbono (CO) atmosférico en un día normal se encuentra entre 30 y 35 ppm. En el informe sobre monitoreo realizado en el “día sin carro” en 2005, se estimó que la concentración ambiental de monóxido de carbono disminuyó en un 76 % respecto a un día normal.

2.2. Definición de aire

La Organización Mundial de la Salud define al aire puro como “la mezcla de gases, vapor de agua y partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño varía desde unos cuantos nanómetros hasta 0,5 milímetros los cuales en su conjunto envuelven al globo terrestre” (OMS, 2004).

2.3. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es la presencia de materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas que, al incorporarse al aire, altera o modifica su composición y condición natural, provocando un desequilibrio ecológico (QUISPE, 2014).

2.4. Contaminante del aire

La contaminación del aire es la presencia de sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano. Su presencia en el aire obedece a emisiones naturales y a las emisiones procedentes de las diversas actividades del hombre (GARCÍA y TANTALEÁN, 2008). Datos de enfermedades respiratorias registrados en el hospital Tingo María y EsSalud se aprecian en los Cuadros 50 y 51 del Anexo 1.

2.5. Monóxido de carbono (CO)

2.5.1. Generalidades

El monóxido de carbono es un gas contaminante primario (MOLINA, 2013), es un gas incoloro e inodoro que se forma por la combustión incompleta de material orgánico, en presencia deficitaria de oxígeno. Es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre, y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina. Las principales fuentes productoras de este contaminante son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel; los procesos industriales; los incendios forestales y urbanos y la incineración de materia orgánica. Los vehículos automotores y los procesos industriales son responsables de aproximadamente 80 % de las emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera (TELLEZ *et al.*, 2006).

Es un gas que puede causar la muerte cuando se lo respira en niveles elevados. El CO se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, kerosene, carbón, petróleo o madera en condiciones de déficit de oxígeno (combustión incompleta). Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustibles fósiles o derivados del petróleo, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores de querosene, también pueden producir monóxido de carbono, si no están funcionando bien. Los automóviles parados con el motor encendido también despiden monóxido de carbono. Tiene una afinidad mucho más alta que el oxígeno por la hemoglobina de la sangre. Así, se forma carboxihemoglobina (COHb) que impide a la hemoglobina transportar el oxígeno a las células, y por tanto, el organismo no puede obtener la energía necesaria para sobrevivir (GARCÍA, J. y TANTALEÁN, J. 2008). El tiempo de permanencia del monóxido de carbono en la atmósfera es del orden de un mes (MOLINA, 2013). La concentración de monóxido de carbono depende básicamente de las emisiones de los automóviles y de las industrias (HERNÁNDEZ *et al.*, 2004).

2.5.2. Consecuencias del monóxido de carbono en el ambiente y a la salud

Según RUIZ (2011), la concentración de monóxido de carbono en el aire, representa aproximadamente el 75 % de los contaminantes emitidos a la atmósfera; sin embargo, es una molécula estable que no afecta directamente a la vegetación o los materiales. Su importancia radica en los daños que puede causar a la salud humana al permanecer expuestos por períodos prolongados a concentraciones elevadas de este contaminante. Asimismo, el mismo autor hace mención los efectos del monóxido de carbono (CO), ya que el CO tiene la capacidad de unirse fuertemente a la hemoglobina, la proteína de los glóbulos rojos que contiene hierro y la cual se encarga de transportar el oxígeno a las células y tejidos a través de la sangre. Al combinarse el CO con la hemoglobina, forma COHb, lo cual indica una reducción significativa en la oxigenación del organismo (hipoxia), debido a que el monóxido de carbono tiene una afinidad de combinación 200 veces mayor que el oxígeno. La hipoxia causada por monóxido de carbono puede afectar el funcionamiento del corazón, cerebro, plaquetas y

endotelio de los vasos sanguíneos. Su peligro es mayor en aquellas personas que padecen enfermedades cardiovasculares, angina de pecho o enfermedad vascular periférica. Se le ha asociado con la disminución de la percepción visual, capacidad de trabajo, como destreza manual y habilidad de aprendizaje. Probablemente su efecto crónico se vincula con efectos óticos, así como aterogénicos.

Cuadro 1. Relación aproximada entre las concentraciones de monóxido de carbono atmosféricas, la cantidad de carboxihemoglobina y los principales síntomas.

CO (ppm)	Tiempo de exposición (minutos)	COHb (%)	Principales síntomas
50	150	7	Ligero dolor de cabeza
100	120	12	Dolor de cabeza y mareo
250	120	25	Fuerte dolor de cabeza y mareo
500	90	45	Náuseas, vómitos y colapso
1000	60	60	Coma
10000	5	95	Muerte

Fuente: (OLAYA, 1981).

2.6. Transporte de contaminantes

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria explica que el transporte y dispersión de contaminantes del aire están influenciados por variaciones del clima y las condiciones topográficas locales. Los principales factores del transporte y dispersión son el viento o movimiento horizontal y la estabilidad o movimiento vertical (MOREANO, B., y PALMISANO, P. 2012).

2.7. Factores de dispersión

La atmósfera no es un sujeto pasivo de la contaminación, todos los fenómenos meteorológicos pueden jugar un papel importante en la evolución de los contaminantes en la atmósfera (QUISPE, 2014). El comportamiento del CO generado en una ciudad es controlado en gran medida por la ocurrencia de los fenómenos climáticos y geografía de la región. La temperatura, la precipitación,

el viento y la situación geográfica son los principales agentes de concentración o dispersión al influir poderosamente en los procesos de distribución del gas (HERNÁNDEZ *et al.*, 2002).

2.7.1. El viento

Generalmente el viento favorece la difusión de los contaminantes debido que desplaza las masas de aire en función de la presión y temperatura. El efecto que puede causar el viento depende fundamentalmente de los accidentes del terreno o incluso de la configuración de los edificios en las zonas urbanizadas (QUISPE, 2014). La velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea, menor será la concentración (MOREANO y PALMISANO, 2012).

2.7.2. La humedad relativa (%) y temperatura (°C)

Al contrario del viento, la humedad juega un papel negativo en la evolución de los contaminantes debido que favorece la acumulación de humos y polvo. Por otra parte, el vapor de agua puede reaccionar con ciertos aniones aumentando la agresividad de los mismos (QUISPE, 2014). La humedad relativa presenta una variación inversa con la temperatura; es decir que la humedad disminuye cuando la temperatura aumenta (CRUZ y JIMENEZ, 2006).

2.7.3. La precipitación (mm)

La lluvia ejerce un efecto de “lavado” de la atmósfera, reduciendo considerablemente los niveles de contaminación (QUISPE, 2014).

2.8. Efectos de los árboles ante los contaminantes

La remoción de contaminantes de aire: Los árboles funcionan como filtro natural, sus hojas y corteza son capaces de absorber las partículas y gases en el entorno y filtrarlos a través de sí mismos, combinarlos con agua, procesarlos y desecharlos de manera natural (MOREANO y PALMISANO, 2012).

2.9. Tasa del flujo vehicular

La tasa del flujo vehicular es la frecuencia en la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada. Por lo tanto, la tasa del flujo es el número de vehículos N que pasan durante un intervalo de tiempo específico T , expresado en veh./min.,seg.,hora (QUISPE, 2014).

2.10. Normativa de calidad ambiental

Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire

De acuerdo a DIGESA (2005), actualmente, el país cuenta con el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, aprobado mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM que es un documento de gestión de la calidad del aire en el país, el cual contribuye a determinar los criterios para la protección de la calidad ambiental, así como los lineamientos estratégicos para alcanzar progresivamente la protección de la salud de las personas, en el Artículo 4, establece los estándares primarios de calidad del aire y los niveles de concentración máxima para el monóxido de carbono:

Cuadro 2. Niveles de concentración máxima para el monóxido de carbono.

Contaminante	Período	Forma del Estándar		Método de Análisis
		Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Formato	
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30000	No exceder más de una vez al año	

Fuente: Elaboración, basado en el D.S. N° 074-2001-PCM.

El Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire, documento de gestión que permite la implementación de un conjunto de medidas predeterminadas para la prevención de riesgos a la salud y la exposición aguda de la población a los contaminantes del aire.

- Reglamento de los niveles de estados de alerta por contaminación del aire

El Decreto Supremo N° 009-2003-MINAM en su Artículo 3 establece los niveles de alerta del monóxido de carbono (CO) del aire:

Cuadro 3. Niveles de alerta del monóxido de carbono (CO) del aire.

Tipo de alerta	Monóxido de carbono (CO)	
	Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Período
Cuidado	> 15000	Promedio móvil 8 horas
Peligro	> 20000	Promedio móvil 8 horas
Emergencia	> 35000	Promedio móvil 8 horas

Fuente: Valor estándar ECA, basado en el D. S. N° 074-2001-PCM.

- Normativa internacional de calidad ambiental del aire

Cuadro 4. Estándares de calidad de aire para diferentes países en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Países	Monóxido de carbono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	Tiempo promedio				
	30 minutos	1 hora	8 horas	24 horas	Anual
Brasil	-	40 000	10 000	-	-
Chile	-	40 000	10 000	-	-
Colombia	-	50 000	15 000	-	-
México	-	-	12 595	-	-
Venezuela	-	35 000	10 000	-	-
Ecuador	-	40 000	10 000	-	-
USA	-	40 000	10 000	-	-
Alemania	30 000	-	-	-	10 000
Suiza	-	-	-	8 000	-
Japón	-	-	22 222	11 111	-

Fuente: ZARME (2005) y CHANG (2012).

2.11. Escalas del monitoreo de monóxido de carbono

La escala del monitoreo de la calidad del aire debe ser compatible con el objetivo del monitoreo en un lugar, a una escala espacial apropiada y representativa, para así facilitar la localización física de las estaciones de monitoreo. La escala de representatividad espacial relativa a cada contaminante se define para establecer la relación entre los objetivos de monitoreo y localización física de la estación de monitoreo (DIGESA, 2005).

Cuadro 5. Criterios de ubicación de la toma de muestra por contaminante y escala de medición.

Contaminante	Escala	Altura de la toma de muestra (m)	Distancia vertical y horizontal de las estructuras de soporte (m)A
CO ^{A, C, D, F}	Microescala	3 ± 0,5	
	Media		> 1
	Local	3 – 15	

Fuente: DIGESA (2005).

Donde:

A: Cuando el sensor se localiza en un tejado, esta distancia de separación hace referencia a las paredes, a los parapetos o a los áticos situados en la azotea.

C: La distancia entre los obstáculos (árboles y edificios) y el muestreador debe ser mayor que dos veces la altura del obstáculo sobre el nivel de las entradas del muestreador.

D: Deben tener circulación de aire sin restricción de 270° alrededor del sensor o muestreador, 180 ° si el sensor está en el lado de un edificio.

F: Para microescalas de sitios de monitoreo de CO, el sensor debe estar > 10 m de una intersección de calle y preferiblemente en una localización a mitad de calle.

2.12. Determinación del número de sitios de medición

De acuerdo a DIGESA (2015), el número y distribución de estaciones de monitoreo depende, además del objetivo central del monitoreo y de los factores antes mencionados, del área a ser cubierta, de la variabilidad espacial de los contaminantes y del uso final de los datos requeridos, de la disponibilidad de recursos y de la factibilidad del despliegue de instrumentos. Los criterios a ser considerados para la determinación del número de sitios de medición son los siguientes:

- La cantidad de población que habita en el área que se pretende monitorear.

- La problemática existente en el área que se define en base al tipo de zonas que conforma esa área y los resultados obtenidos de los factores y consideraciones para elegir localizaciones de zonas de muestreo.
- Los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles.

Asimismo, agrega que en función de la población la OMS recomienda un criterio para establecer un número promedio de estaciones de muestreo de calidad de aire que dependen del parámetro que se pretenda medir. Estos criterios se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Recomendaciones de número mínimo de estaciones.

Población urbana (millones)	Parámetro de monitoreo	
	CO	Meteorológicos ¹
Menos de 1	1	1
1 – 4	2	2
4 – 8	4	2
Más de 8	5	3

^{1/} Velocidad del viento, Temperatura y Humedad relativa.

2.13. Procesos de emisión de los vehículos

Los vehículos automotores propulsados por motores de combustión interna producen, en general, tres tipos de emisiones de gases contaminantes: a) emisiones evaporativas y b) emisiones por el tubo de escape (Figura 1), así como, c) emisiones de partículas por el desgaste tanto de los frenos como de las llantas (FALCONI, 2011), ver figura 1.

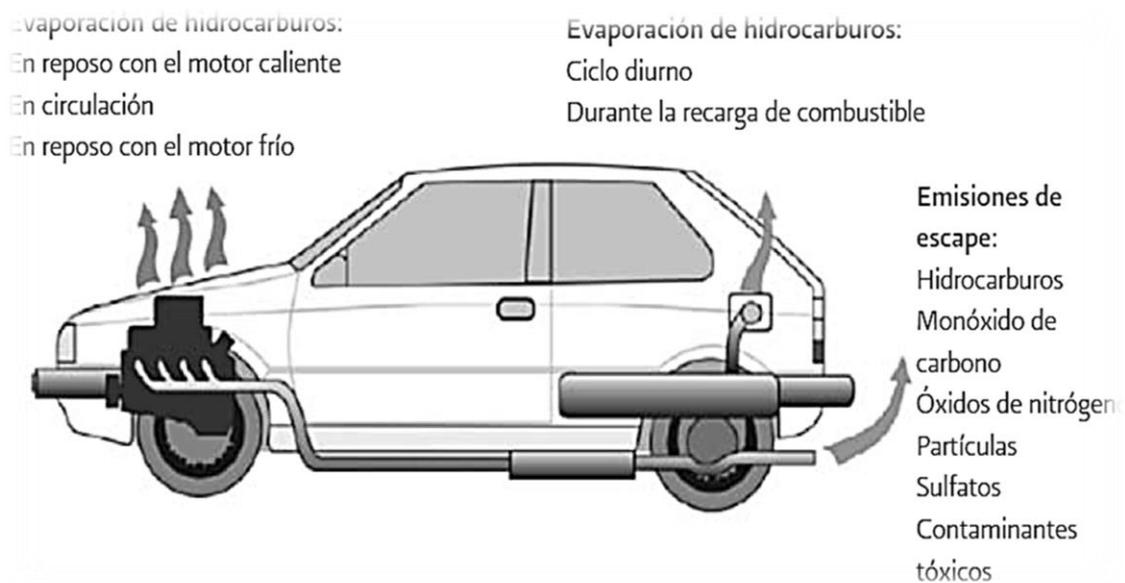


Figura 1. Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores

- Emisiones por el tubo de escape

Las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema del combustible (gasolina, diésel u otros como gas licuado de petróleo y biocombustibles) y comprenden una serie de contaminantes tales como se observa en la Figura 1. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y, hasta hace algunos años, el plomo se libera al ambiente a través del proceso de combustión. Las emisiones por el tubo de escape dependen de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido y las normas que regulan la construcción de vehículos determinan tanto su tecnología así como la presencia o ausencia de equipos de control de emisiones, como los convertidores catalíticos, son componentes del motor de combustión interna alternativo que sirven para el control y reducción de los gases nocivos expulsados por el motor de combustión interna. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características del combustible (como su contenido de azufre) juegan un papel determinante en las emisiones por el escape (FALCONI,

2011). La contaminación causada por los gases de escape de los automotores se ha convertido en un serio problema para todos los países, siendo tan grave, que constituye una grave amenaza para la salud pública y la del planeta. La relación del uso de vehículos motorizados versus la contaminación ambiental se traduce en buscar opciones para reducir esta última, sin restringir el uso de automotores, puesto que son necesarios para el desarrollo de la humanidad (MASAQUIZA, 2012).

2.14. Parque automotor del departamento de Huánuco

Cuadro 7. Parque automotor en circulación y de motocicletas inscritas en la Ciudad de Tingo María de la región de Huánuco.

En la Ciudad de Tingo María :		
Años	Parque automotor en circulación (unidades)	Parque de motocicletas (unidades)
2005	10886	318
2006	10836	1092
2007	10892	859
2008	11255	2737
2009	11382	41872
2010	11864	6691
2011	12576	6613
2012	13476	7712

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones - Oficina General de Planeamiento y Presupuesto.

2.15. Rosa de los vientos

De acuerdo a RAMIREZ y VIVANCO (2007), la distribución de los contaminantes en la atmósfera requiere del conocimiento de la frecuencia y distribución de la dirección y de la velocidad del viento. El viento que prevalece en un rango de tiempo puede ser representado por medio de una rosa de los vientos, la cual indica el porcentaje de tiempo en el que el viento sopla de diferentes direcciones. La gráfica consiste en utilizar barras o extensiones que van desde el centro de un círculo hacia un punto determinado que ilustra la dirección del viento, la longitud de cada extensión indicará el porcentaje de tiempo en el que el viento se dirigió hacia esa dirección. Estas mediciones

pueden presentarse ya sea en forma gráfica o tabular. Los datos se presentan en ocho direcciones primarias y ocho secundarias que son las siguientes:

Cuadro 8. Direcciones primarias y secundarias de las rosas de los vientos.

Primarias:	Secundarias:
N (norte)	NNE (nor noreste)
S (sur)	ENE (este noreste)
E (este)	ESE (este sudeste)
W (oeste)	SSE (sud sudeste)
NE (nordeste)	SSW (sud sudoeste)
NW (noroeste)	WSW (oeste sudoeste)
SE (sudeste)	WNW (oeste noroeste)
SW (sudoeste)	NNW (nor noroeste)

Fuente: RAMIREZ y VIVANCO (2007).

Por otro lado, la velocidad del viento se divide en rangos que se pueden dar en varias unidades, que van desde millas por hora a metros por segundo. Aunque también se pueden registrar periodos con velocidad cero, los cuales se reportan como calma. La dirección del viento también se puede ilustrar en grados como en una circunferencia con sus 360°. Estas direcciones están representadas por números los cuales varían de acuerdo a las manecillas del reloj iniciando con 360° en el norte, teniendo el este con 90°, el sur con 180° y el oeste con 270°. También existen otras direcciones como NE a la que pertenecen los 45° y así obtener los grados correspondientes a las demás direcciones del viento. La calma se expresa como 0°. En diferentes puntos de Atlanta, Georgia, se analizó el aire buscando contaminantes como SO₂, CO, NO_x, O₃ y PM_{2,5}, empleando el diagrama de la rosa de los vientos para determinar el comportamiento de los diferentes contaminantes dentro de los puntos medidos y así determinar su probable procedencia y dirección (RAMIREZ y VIVANCO, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la ciudad de Tingo María cuya población proyectada al 2015 fue de 63,764 habitantes (INEI, 2007), con una Altitud de 648 m.s.n.m., Latitud sur 09°17'40" y Longitud oeste 75°59'49", en las instalaciones del Laboratorio de Calidad del Aire del Departamento Académico de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.1.2. Aspectos ambientales

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE (1987), Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Premontano Tropical (Bmh-PT), y de acuerdo a las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa-Rupa o Selva Alta. Respecto al clima, es tropical y húmedo caracterizado de acuerdo a su orografía y expresión regional de Selva Alta o Rupa-Rupa, ubicado entre los 650 msnm, con precipitaciones que sobrepasan los 3,860 mm en épocas de invierno (SENAMHI, 2017).

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de laboratorio

Los principales materiales de laboratorio requeridos fueron: pisetas, vasos de precipitado de 250 mL, 500 mL. y 1 L, pipeta de 5 mL. y 10 mL, y formato de campo.

3.2.2. Reactivos

Hidróxido de sodio 0,1 N a 1 L, agua desionizada a 1L. En el Cuadro 9, se muestra los reactivos, composición que se utilizaron para realizar el monitoreo ambiental.

Cuadro 9. Composición, pureza (%) y marca de los reactivos.

Reactivos	Composición	Pureza (%)	Marca
Solución A	20 g de 4 - carboxibencenosulfonamida con soda 0.1 N a 1L.	99,00	Merck
Solución B	17 g de nitrato de plata (AgNO ₃) con agua desionizada a 1L	99,80	Elmer Jo Anaya E.I.R.L. ICN
Solución C	40 g de hidróxido de sodio (NaOH), con agua desionizada a 1000 mL	98,00	ICN Biomedicals Inc.

Fuente: Elaborado en base a ENVIROTEST (2017).

3.2.3. Equipos

- Burbujeador (absorbedor): Tubo de vidrio o policarbonato, de aproximadamente 30 mm de diámetro y 160 mm de longitud, con un vástago de doble entrada en la parte superior, vertical y lateral, en la parte inferior termina en forma cónica con un pequeño orificio por donde la muestra de gas ingresará por la solución captadora.
- Manguerilla: De teflón, de 6 a 10 mm de diámetro, usadas para transportar el aire del ambiente a través del tren de muestreo.
- Bomba de vacío: Capaz de mantener un vacío de al menos 70 kPa (0,7 atm) al flujo requerido para el muestreo.
- Rotámetro: Capaz de medir entre 0,05 a 0,5 L/min con una precisión de +/- 2 %.
- Espectrofotómetro o colorímetro (UV-Visible Thermo Scientific Serie Genesys 10S).
- Celdas del espectrofotómetro (Marca Senna, Modelo: 6-041).
- Anemómetro Digital (Mastech Hyelec Ms6252b- con puerto USB).
- GPS (Garmin Oregon 550).

3.3. Metodología

3.3.1. Reconocimiento del área y establecimiento de los puntos de muestreo

Se realizó la visita respectiva para reconocer el área de estudio y de ese modo se establecieron los puntos de muestreo en la zona urbana de la ciudad de Tingo María (Figura 2).

El criterio para determinar los puntos de muestreo fue el flujo vehicular que pasan por los puntos establecidos (Anexo 2, Cuadro 53, 54, 56, 56).

Cuadro 10. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María.

Puntos de muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Este	Norte
PM-01	En dirección a la entrada de Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas – Universidad Nacional Agraria de la Selva.	389702,9747	8971757,357
PM-02	Primera cuadra de la Av. Antonio Raymondi	389948,2107	8971634,797
PM-03	Tercera cuadra de la Av. Tito Jaime Fernández	389982,8715	8971949,542
PM-04	Última cuadra de la Av. Antonio Raymondi	390355,4838	8972034,977

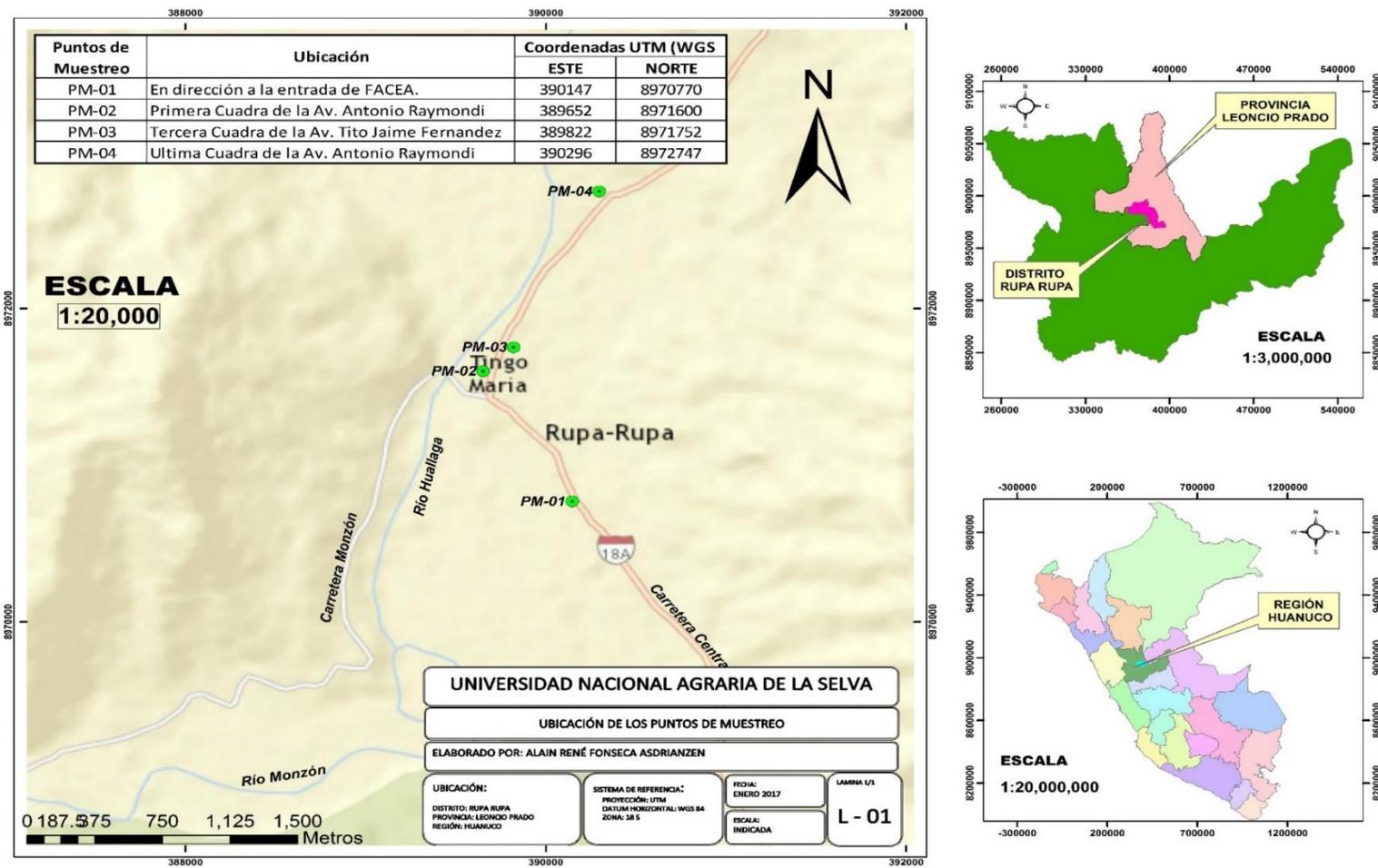


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en la zona urbana de la ciudad de Tingo María.

3.3.2. Período de monitoreo de monóxido de carbono

Se realizó cuatro repeticiones, la primera repetición fue en el mes de enero, cuyas fechas fueron miércoles 25, jueves 26, viernes 27 y sábado 28/01/2017, la segunda repetición fue el mes de febrero, el jueves 16, viernes 17, sábado 18 y domingo 19/02/2017, la tercera repetición el mes de marzo, el sábado 11, domingo 12, lunes 13 y martes 14/03/2017 y la cuarta repetición el mes de abril, el miércoles 26, jueves 27, viernes 28 y sábado 29/04/2017. El monitoreo fue en los cuatro puntos indicados (Anexo 4, Figuras 43, 45, 47, 49). Las mediciones se realizaron a partir de las 11:00 a.m. hasta las 07:00 p.m.

El criterio para determinar la evaluación fueron las fechas de mediciones en los cuatro puntos a periodos mensuales en días consecutivos para poder observar la variación en el tiempo.

3.3.2.1. Preparación de las soluciones para el monitoreo de monóxido de carbono

Para los cuatro puntos de monitoreo se prepararon la solución A, B y C, los cuales formaron la solución captadora de monóxido de carbono (Anexo 4, Figura 53), según ENVIROTEST (2013):

- Solución A: 20 g de 4-carboxibencenosulfonamida, disolver con soda 0.1 N a 1L.

- Solución B: 17 g de nitrato de plata (AgNO_3) y disolver con agua desionizada a 1L.

- Solución C: 40 g de hidróxido de sodio (NaOH), disolver con agua desionizada a 1000 mL.

- Solución captadora de monóxido de carbono: mezclar 20 mL de solución A con 20 mL de solución B, se forma una solución blanca lechosa, agitar constante y añadir 10 mL de la solución C, hasta obtener una solución transparente. De la misma forma proceder para la preparación del blanco de muestra, el cual se guardó para su posterior análisis.

3.3.2.2. Toma de muestra para el monitoreo de aire

Para realizar el monitoreo de monóxido de carbono se empleó trenes de muestreo (método dinámico) donde se atrapa el gas en la solución captadora (Anexo 4, Figura 51); el flujo de monitoreo es de 0,5 L por minuto por un período de ocho horas. Los resultados fueron expresados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). El procedimiento del muestreo se realizó de acuerdo al procedimiento PM-OPE-20 “Muestreo de Calidad de Aire – Gas CO” (ENVIROTEST, 2013).

El principio del método se basa a través de volúmenes de muestra de 50 mL, cuando se hace reaccionar con monóxido de carbono una solución alcalina de sal plata de 4-carboxibencenosulfonamida, se forma una solución coloidal de plata cuyo máximo de absorbancia 425 nm (para concentraciones menores a 160 ppm de CO), y de 600 nm (para concentraciones de 400 ppm a 720 ppm de CO. Esta reacción depende del débil poder reductor del CO (otros gases reductores pueden producir interferencias a través de un mecanismo de reducción (ENVIROTEST, 2013).

Cuadro 11. Parámetro evaluado, método de análisis y equipo de muestreo.

Parámetro	Norma	Límite de detección ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Metodología de ensayos	Equipo
CO (8 h)	ASTM D - 3669 - 78 T. Determinación de monóxido de carbono.	550	Método del ácido p-sulfoaminobenzoico (colorimétrico)	Tren de muestreo

Fuente: Elaboración propia, basado en CESEL (2013).

3.3.2.3. Instalación del equipo

De acuerdo a ENVIROTEST (2017):

- Ubicar la sonda de ingreso de aire del tren de muestreo a una altura tal que esta se halle lo más cerca posible a la zona de respiración humana, el tren de muestreo debe estar sobre una plataforma.

- Si instala el tren de monitoreo en azoteas o estructuras parecidas, coloque la sonda a más de 1 m de distancia, vertical y horizontal, de las paredes o parapetos y lejos de áreas donde haya polvo.

- La estación de monitoreo debe fijarse en lugares de libre circulación de aire y a una distancia de cualquier obstáculo (edificios, árboles y estructura de considerable tamaño) de al menos dos veces la altura que el obstáculo tiene por encima de la sonda.

3.3.2.4. Captación de la muestra

De acuerdo a ENVIROTEST (2017):

- Los burbujeadores, material de vidrio y tubos de conexión de teflón deben ser lavados previamente con detergente, agua corriente y agua destilada, seguido de otro lavado con solución de ácido nítrico 1:1 agua corriente y agua destilada.

- Agregar 50 mL de solución absorbente en el burbujeador, el cual se conecta por el lado de aspiración al sistema de filtración, orificio crítico o rotámetro y bomba de aspiración capaz de mantener el caudal constante.

- Seleccionar un periodo de captación de ocho horas a 0,5 L/min, iniciar el muestreo anotando el caudal de aspiración, temperatura, presión ambiental y la hora o lectura inicial de tiempo.

- Se emplea un volumen de 50 mL de solución captadora (la solución A+B se mezcla con la solución C). Durante el monitoreo la solución absorbente deberá permanecer a una temperatura entre los 5 y 25 °C.

- En todo momento evitar la exposición de la solución captadora a la luz del sol, especialmente cuando ella es trasvasada del frasco de 100 mL al Burbujeador y viceversa.

- Usar guantes durante el trasvasado de las soluciones al burbujeador, al ensamblar, instalar y desinstalar el tren de muestreo.

- Nunca entrar en contacto con la solución y evitar derrames, la solución es toxica, si hay contacto con la piel u ojos enjuague inmediatamente con abundante agua.

- Las soluciones captadoras son dos frascos solución A + B y solución C; ambos se mezclan in situ para realizar el monitoreo.

- El flujo de monitoreo 0,5 L por minuto con el tiempo de muestreo de ocho horas. Para el muestreo se considera un blanco por cada punto (la solución A + B se mezcla con la solución C).

- Se recomienda colocar la solución captadora en frasco de vidrio ámbar y refrigerar a 5 +/- 5 °C sin exposición a la luz; el tiempo de vida de las muestras bajo estas condiciones es de 72 horas.

3.3.2.5. Análisis del monitoreo

De acuerdo a ENVIROTEST (2017):

- Espectrofotómetro o colorímetro. El instrumento deberá ser adecuado para medir el color a 425 nm.

- Celdas del espectrofotómetro. Una celda de 1 cm es adecuada para usar en la región visible (esta será de vidrio o de cuarzo). Lavar la celda con solución de ácido clorhídrico.

3.3.2.6. Cálculos

De acuerdo a ENVIROTEST (2017), se calcular la concentración de la muestra por medio de la ecuación de la recta obtenida de la curva de calibrado de absorbancias - concentraciones, por la siguiente ecuación:

$$y = mx + b$$

Dónde:

y = Absorbancia corregida.

m = Pendiente.

x = Masa de CO en mg/L.

b = Ordenada del origen.

y = Absorbancia de la muestra – Absorbancia del blanco.

Fórmulas:

$$C_1 = \left[\frac{((A-A_0)-D)}{B_x} \right] ; C_2 = \frac{C_1 \times 1000 \times 101,2 \times 28}{8,3144 \times 298} ; C_3 = \frac{C_2}{V_{std}}$$

Donde:

C₁ = concentración de monóxido de carbono en el monitoreo de aire a condiciones estándar, ppm.

A = Absorbancia de la solución del monitoreo.

A₀ = Absorbancia del blanco reactivo.

B_x = Pendiente de la curva.

D = Intercepto de la curva.

C₂ = Concentración en µg/monitoreo.

C₃ = Concentración en µg/m³.

28 = Peso molecular del CO (g/mol).

8.3144 = Factor universal de los gases en (L. kPa/mol.K).

101.32 kPa = Equivalente a 1 atm de presión a condiciones normales.

V_{std} = Volumen estándar en m³.

3.3.3. Determinación de parámetros físicos

Los parámetros físicos medidos fueron la temperatura ambiental expresado en grados centígrados (°C), la humedad relativa en porcentaje (%), la velocidad del viento superficial (m/s) y la dirección del viento fue medido con un anemómetro digital y datos de precipitaciones (mm) de las lluvias fueron obtenidos de la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3.4. Determinación de la tasa del flujo vehicular

En cada punto de muestreo, simultáneamente con las lecturas de las concentraciones de CO se determinó el flujo vehicular, mediante el conteo del total de automotores que pasan por los puntos de muestreo, en los siguientes horarios: 8:00 a 8:30 a.m., 12:30 a 1:00 p.m. y 18:30 a 19:00 p.m. con un intervalo de 30 minutos. Posteriormente, se elaboró una matriz teniendo en cuenta estos intervalos. En el conteo vehicular, solo se consideró a vehículos que funcionen con gasolina, biodiesel y GLP, es decir que tengan combustión interna. Los vehículos se clasificaron en cinco categorías: Buses, camiones, automóviles, trimóviles y motos lineales (Cuadro 48 y 49, Anexo 1). De acuerdo a QUISPE (2014), la tasa del flujo vehicular se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Dónde:

Q = Tasa de flujo o volumen horario.

N = Número de vehículos.

T = Intervalo de tiempo.

3.4. Diseño de investigación

Se aplicó un diseño descriptivo longitudinal correlacional con cuatro puntos de muestreo (PM-01: Punto de muestreo 01, PM-02: Punto de muestreo 02, PM-03: Punto de muestreo 03 y PM-04: Punto de muestreo 04) para el aire de la ciudad de Tingo María y cuatro repeticiones (R₁, R₂, R₃ y R₄), según el esquema.

3.4.1. Unidades experimentales

La unidad en estudio son las muestras de volumen de aire captado.

3.4.2. Variable independiente

La variable independiente es los niveles de monóxido de carbono (CO).

3.4.3. Variables de caracterización

- Flujo vehicular (veh./min). - Precipitaciones (mm).
- Temperatura (°C). - Velocidad del viento superficial (m/s).
- Humedad relativa (%). - Dirección del viento (grados azimut).

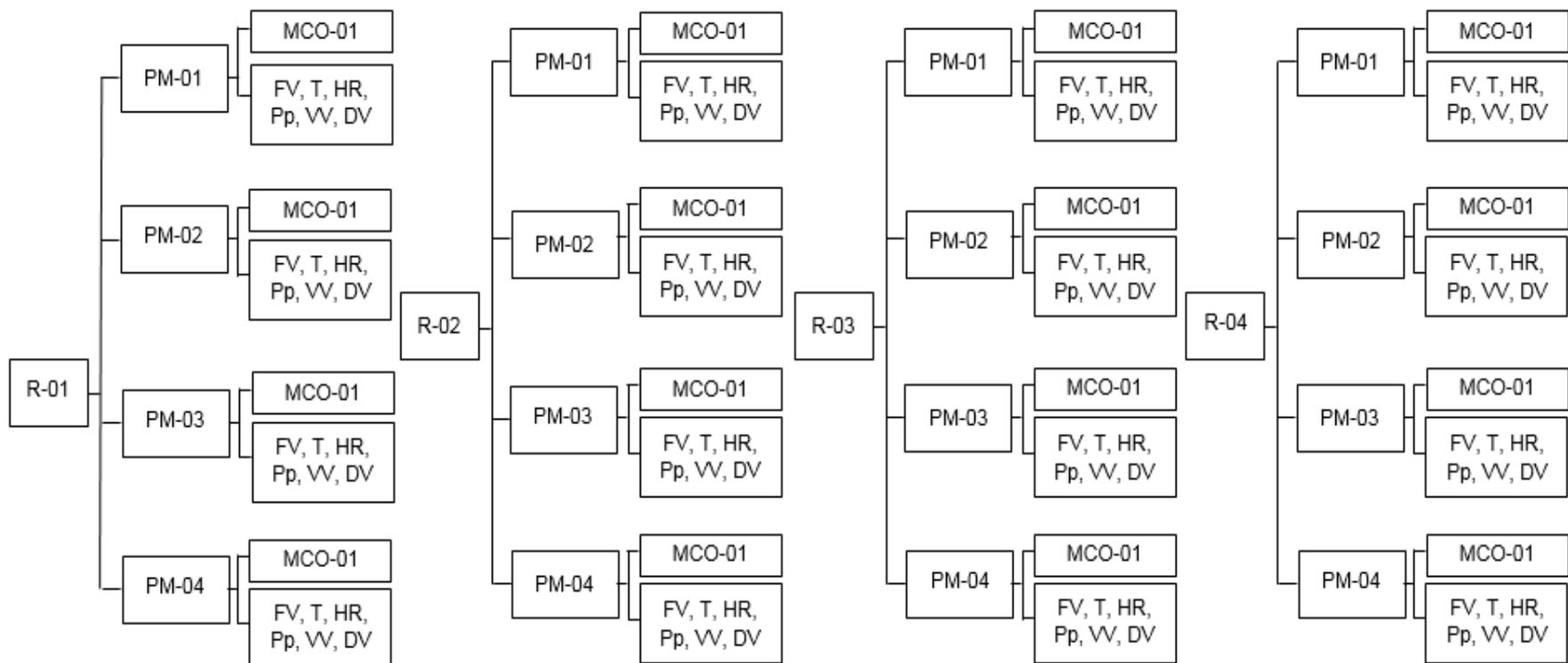


Figura 3. Diseño de investigación de los Niveles de Monóxido de Carbono en el aire de la ciudad de Tingo María.

Legenda:

- [R]: Repetición. [PM]: Punto de muestreo. [MCO]: Muestra de MC. [FV]: Flujo vehicular. [Pp]: Precipitaciones.
 [T]: Temperatura. [HR]: Humedad relativa. [VV]: Velocidad del viento. [DV]: Dirección del viento.

3.4.4. Análisis estadístico

Se distribuyó las variables estadísticas y tratamientos de acuerdo al diseño experimental, se utilizó el modelo estadístico completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones, y una prueba a posteriori de Tukey para comparar las medias de los tratamientos, utilizando el programa Statgraphics.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación de los niveles y dispersión de monóxido de carbono (CO) en el aire de la ciudad de Tingo María

De los cuatro puntos establecidos para medir los niveles de monóxido de carbono en el aire en el casco urbano de la ciudad de Tingo María, el punto 2 (primera cuadra de la Av. Antonio Raymondi – Tingo María), en la segunda medición registró el máximo valor de monóxido de carbono ($6023 \mu\text{g}/\text{m}^3$); y el punto 4, en todas las mediciones registró el menor valor de monóxido de carbono en los cuatro meses de medición tomadas como repeticiones (Figura 4).

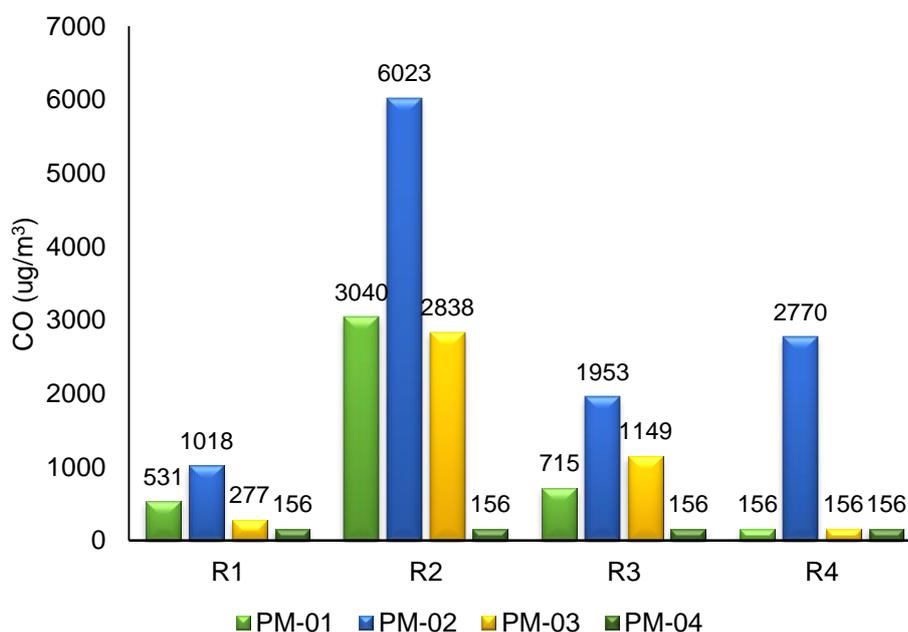


Figura 4. Niveles de monóxido de carbono tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante cuatro meses.

La dispersión del monóxido de carbono en la ciudad de Tingo María durante la temporada de medición, se ha tomado como referencia la dirección del viento y de acuerdo a la rosa de viento elaborada tiene una dirección Oeste

en el punto 1 en la primera medición (Figura 5. Datos de referencia Anexo 2, Cuadro 57); en el punto 2 en la segunda medición tiene una dirección Este (Figura 6. Datos de referencia Anexo 2, Cuadro 58), en el punto 3 en la tercera medición la dirección del viento se dirige hacia el Este (Figura 7. Datos de referencia, Anexo 2, Cuadro 59) y finalmente, en el punto 4 en la cuarta medición la dirección del viento de acuerdo a la rosa de viento elaborada se dirige hacia el Norte (Figura 8. Datos de referencia Anexo 2, Cuadro 60).

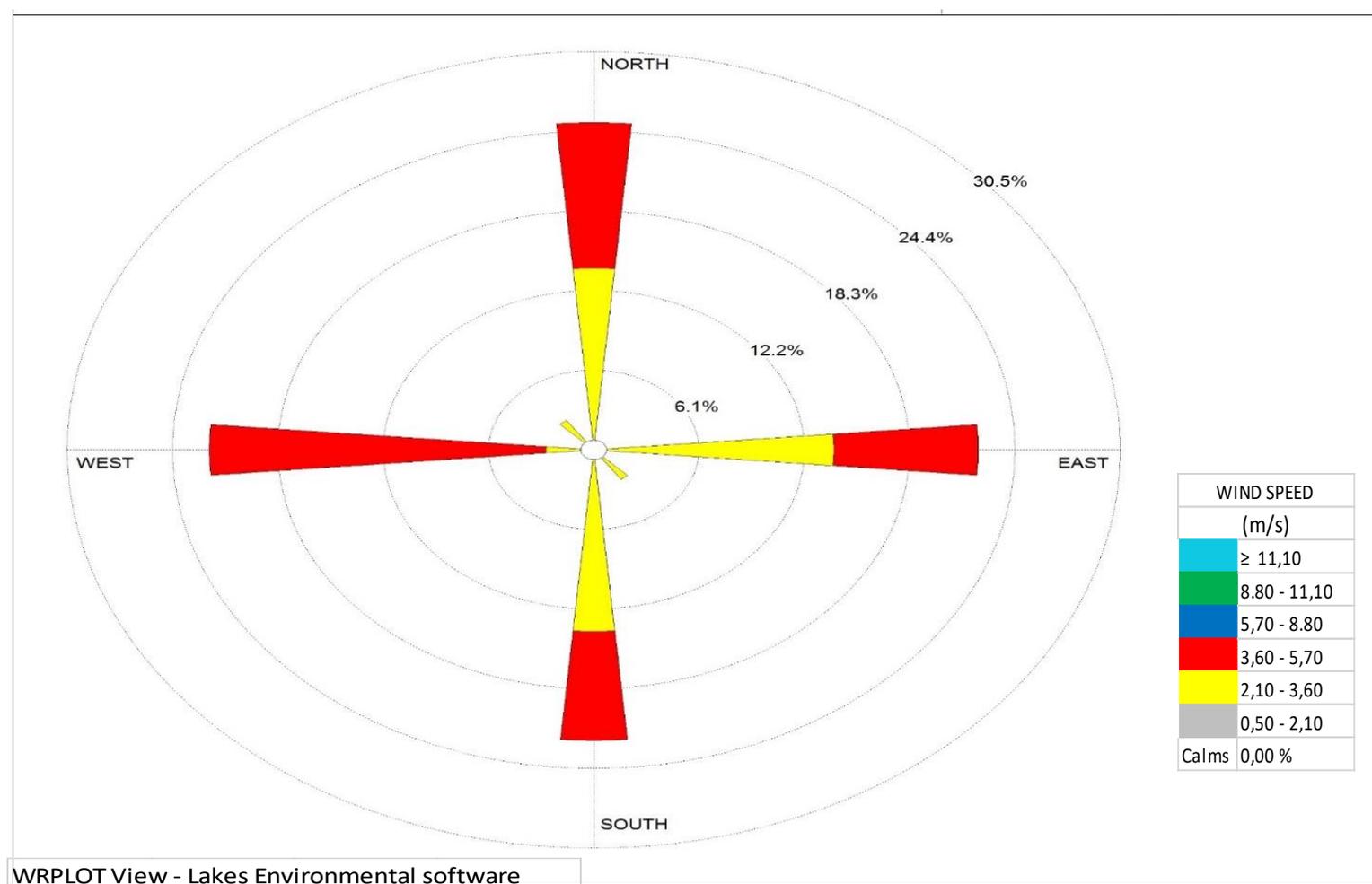


Figura 5. Rosa de vientos generado de la primera medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono.

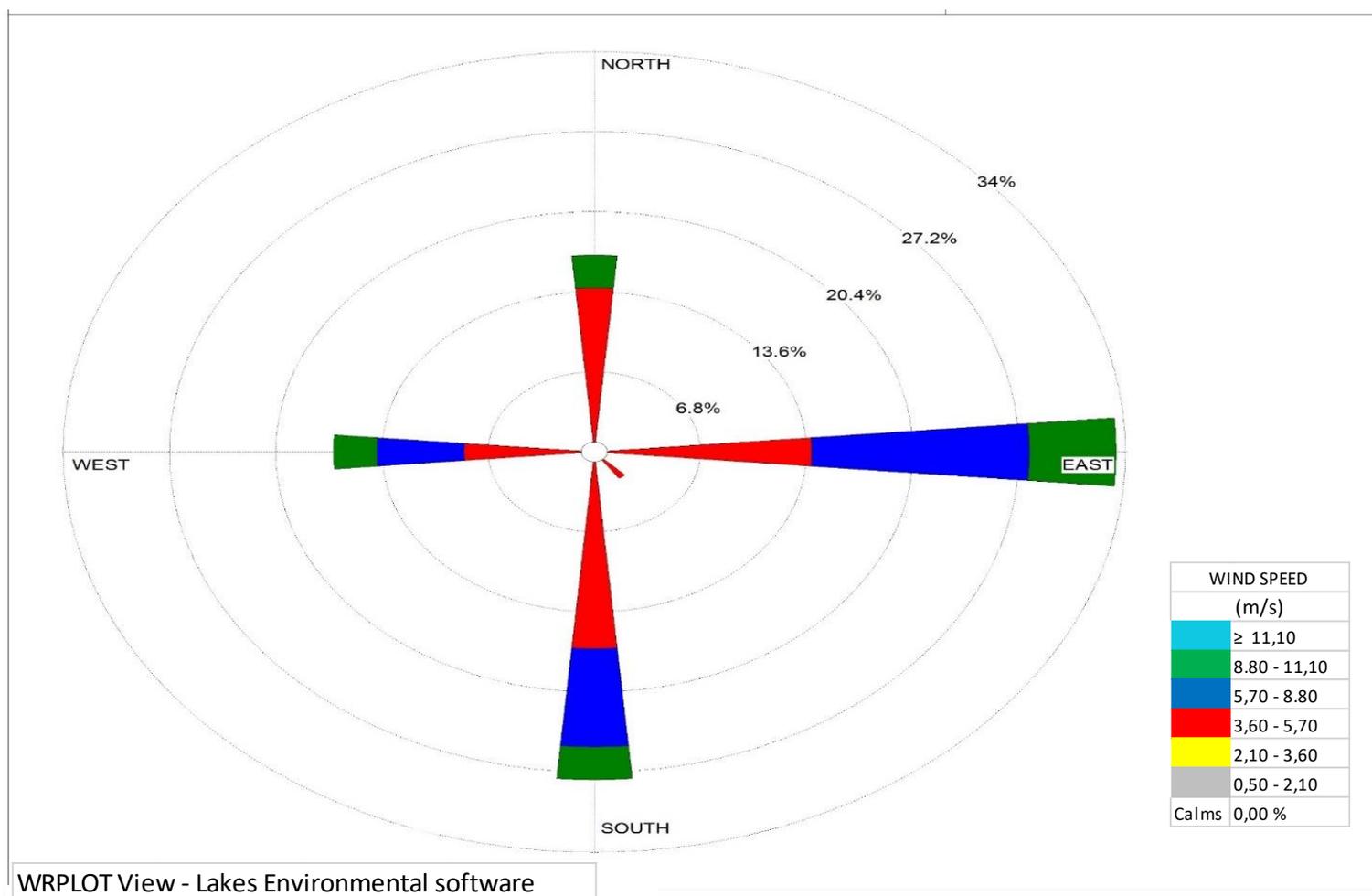


Figura 6. Rosa de vientos generado de la segunda medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono

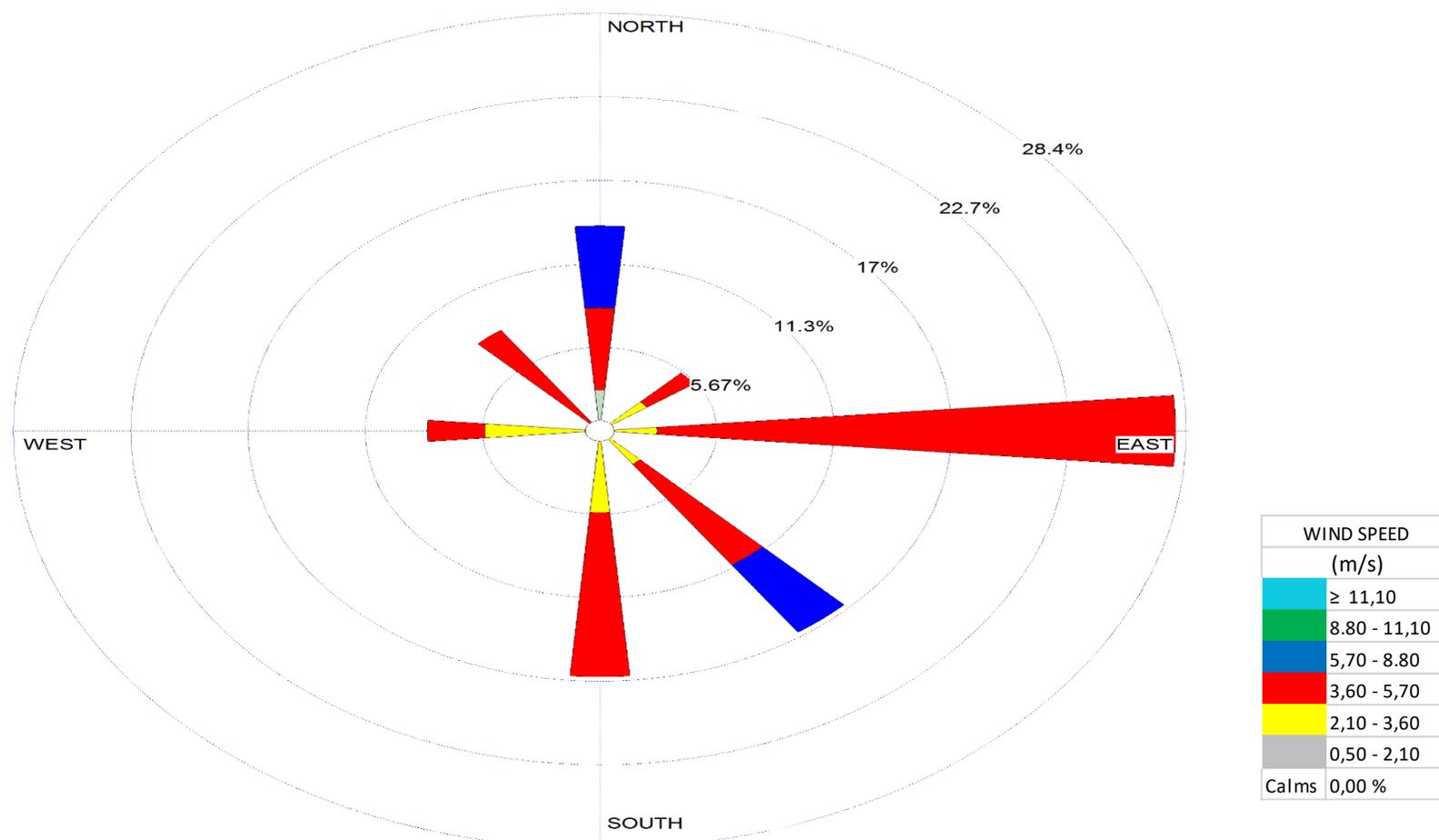


Figura 7. Rosa de vientos generado de la tercera medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono.

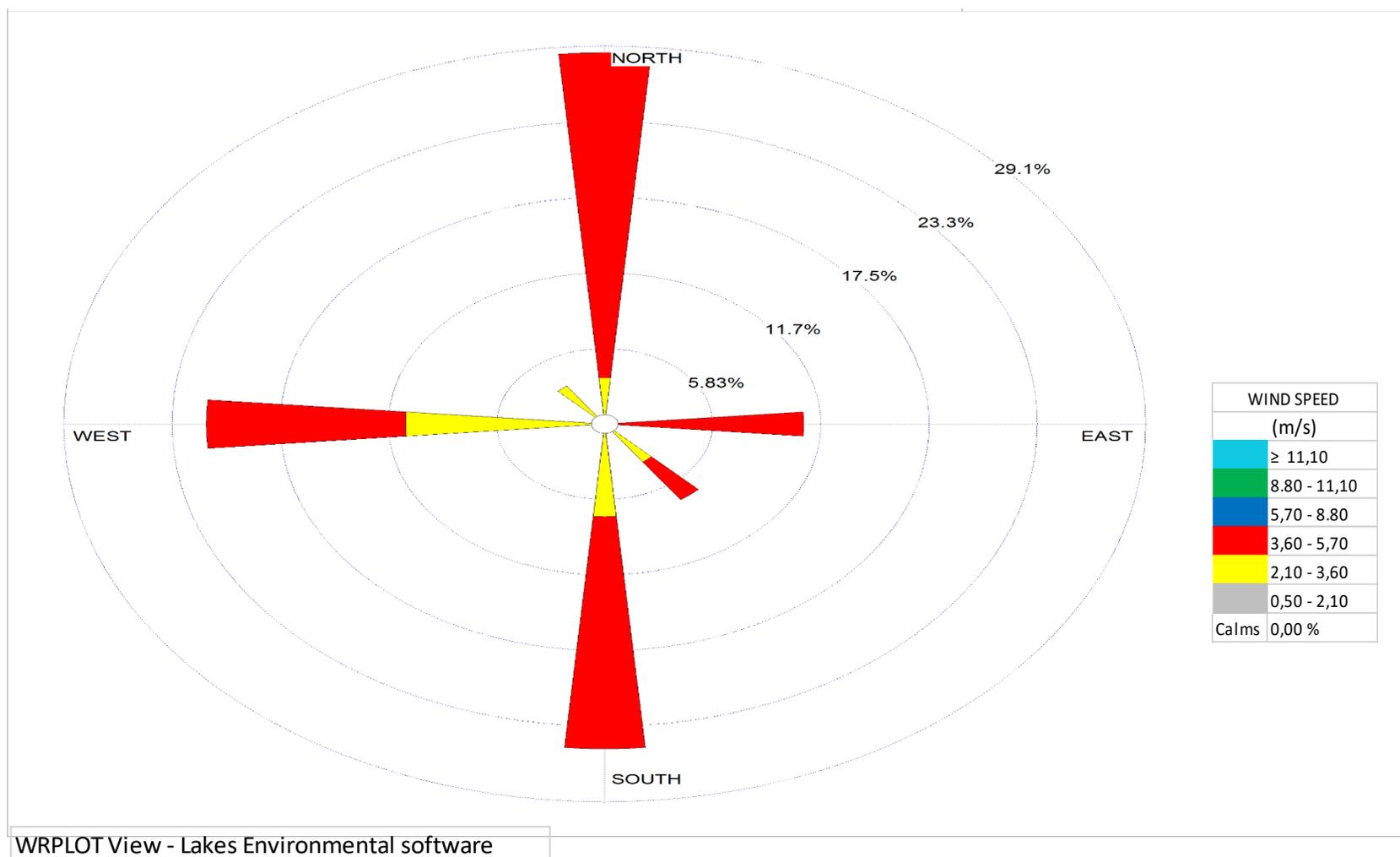


Figura 8. Rosa de vientos generado de la cuarta medición, para determinar la dispersión del monóxido de carbono.

4.2. Determinación de los parámetros físicos en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María

4.2.1. Temperatura (°C)

Se observan los valores de temperatura en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María (Cuadro 12). El valor máximo se registró en el punto 1 en la segunda y cuarta repetición (28 °C); el valor mínimo se registró en el punto 4 en la primera repetición (19 °C).

Cuadro 12. Datos obtenidos de la temperatura (°C) en las cuatro repeticiones.

Temperatura	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
PM-01	23	28	24	28
PM-02	27	21	25	25
PM-03	22	27	27	26
PM-04	19	24	24	24

4.2.2. Humedad relativa (%)

En referencia a la humedad relativa, se observa que el valor máximo se registró en el punto 1 con 98 % en la primera repetición; y el valor mínimo en el punto 4 con 60 % en la segunda repetición (Cuadro 13).

Cuadro 13. Datos obtenidos de la humedad relativa (%) en las cuatro repeticiones.

Humedad relativa	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
PM-01	98	82	82	96
PM-02	65	93	73	83
PM-03	91	84	81	89
PM-04	65	60	61	70

4.2.3. Precipitación (mm)

Se observa los valores de precipitación en los cuatro puntos de muestreo de la ciudad de Tingo María (Cuadro 14). El valor máximo se registró en el punto 4 con 52 mm en la tercera repetición; el valor mínimo se registró en el punto 2 con 0,3 mm en la cuarta repetición.

Cuadro 14. Datos obtenidos de la precipitación (mm) en las cuatro repeticiones.

Precipitación	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
PM-01	4,70	0,00	6,30	1,20
PM-02	0,00	31,20	0,80	0,30
PM-03	12,80	0,00	5,00	24,80
PM-04	0,00	0,00	52,00	0,00

4.2.4. Velocidad del viento superficial (m/s)

El valor máximo se registró en el punto 2 y 4 con 5 m/s en la primera repetición al igual que en el punto 4 en la tercera repetición; y el mínimo se registró en el punto 2 con 1 m/s en la tercera repetición (Cuadro 15).

Cuadro 15. Datos obtenidos de la Velocidad del viento superficial (m/s) en las cuatro repeticiones.

Velocidad del viento superficial	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
PM-01	2	2	2	2
PM-02	5	4	1	2
PM-03	2	4	2	2
PM-04	5	2	5	2

4.2.5. Dirección del viento (grados azimut)

Los valores de la dirección del viento en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, todos tuvieron la dirección noroeste (Cuadro 16).

Cuadro 16. Valores de la dirección del viento tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante cuatro meses.

Dirección del viento	Meses			
	Enero	Febrero	Marzo	Abril
PM-01	NW	NW	NW	NW
PM-02	NW	NW	NW	NW
PM-03	NW	NW	NW	NW
PM-04	NW	NW	NW	NW

4.2.6. Temperatura vs Humedad relativa

Se observa que, la relación de los valores de temperatura con respecto a la humedad relativa registrados en los cuatro puntos durante cuatro meses, son inversamente proporcionales (Figuras 9, 10, 11 y 12).

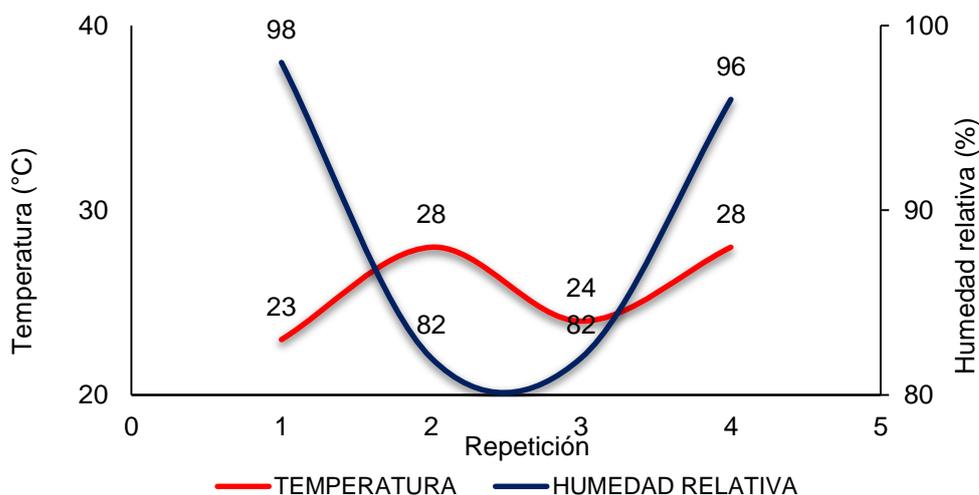


Figura 9. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 01 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

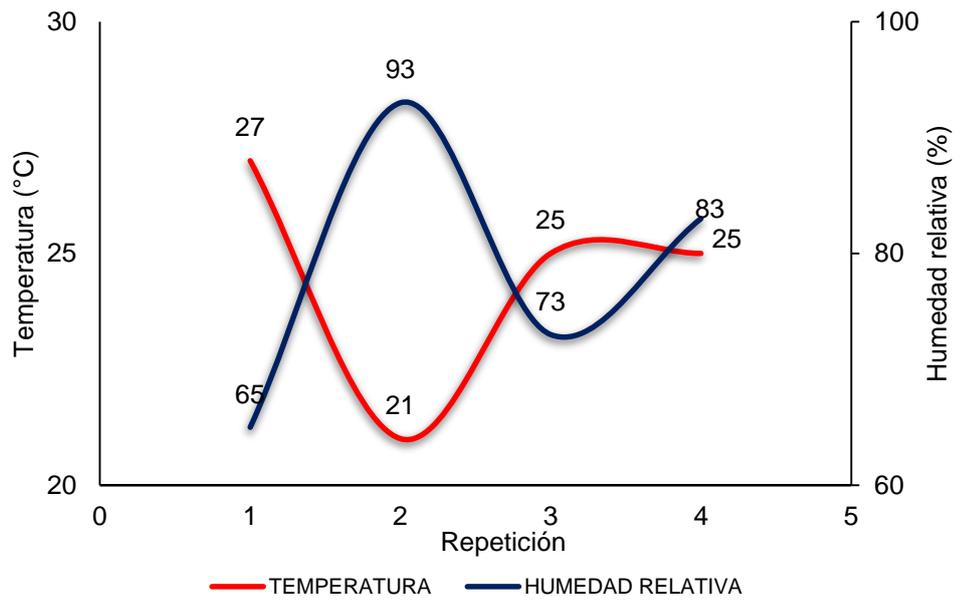


Figura 10. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 02 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

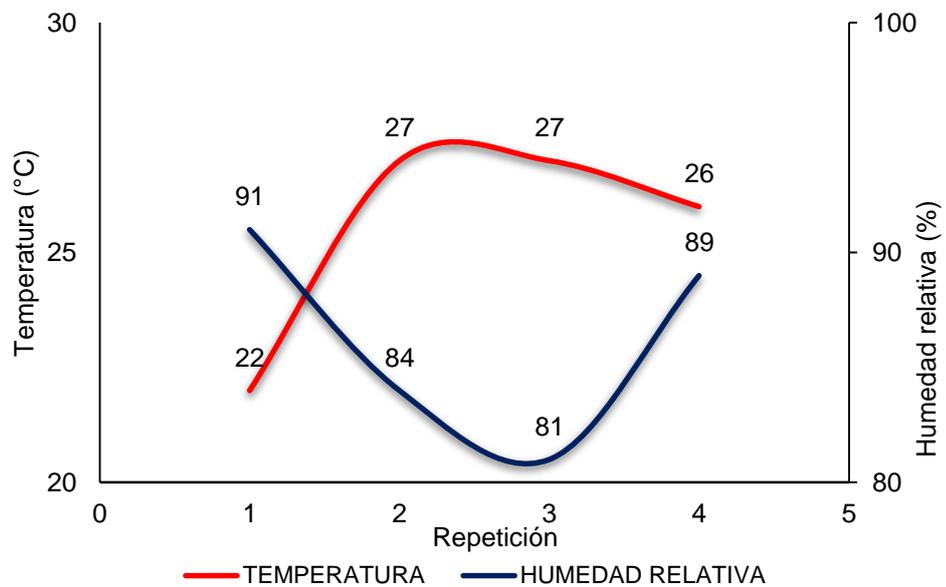


Figura 11. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 03 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

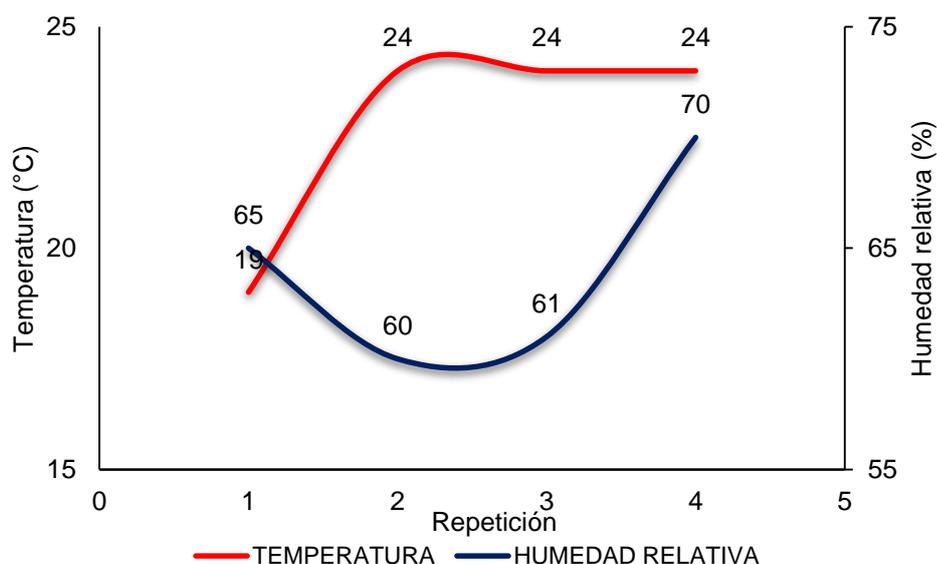


Figura 12. Relación de los valores de temperatura y humedad relativa del punto 04 en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

4.3. Estimación del flujo vehicular promedio para los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María

En la Figura 13, se observa que en las cuatro meses, lo que pertenece a turno mañana el valor máximo se registró en el punto 03 con 53 veh/min en la cuarta repetición y el valor mínimo se registró en el punto 01 con 21 veh/min en la primera repetición; en el turno tarde el valor máximo se registró en el punto 01 con 62 veh/min en la cuarta repetición y el valor mínimo se registró en el punto 01 con 27 veh/min en la primera repetición; en el turno noche el valor máximo se registró en el punto 03 con 71 veh/min en la cuarta repetición y el valor mínimo se registró en el punto 04 con 31 veh/min en la primera repetición.

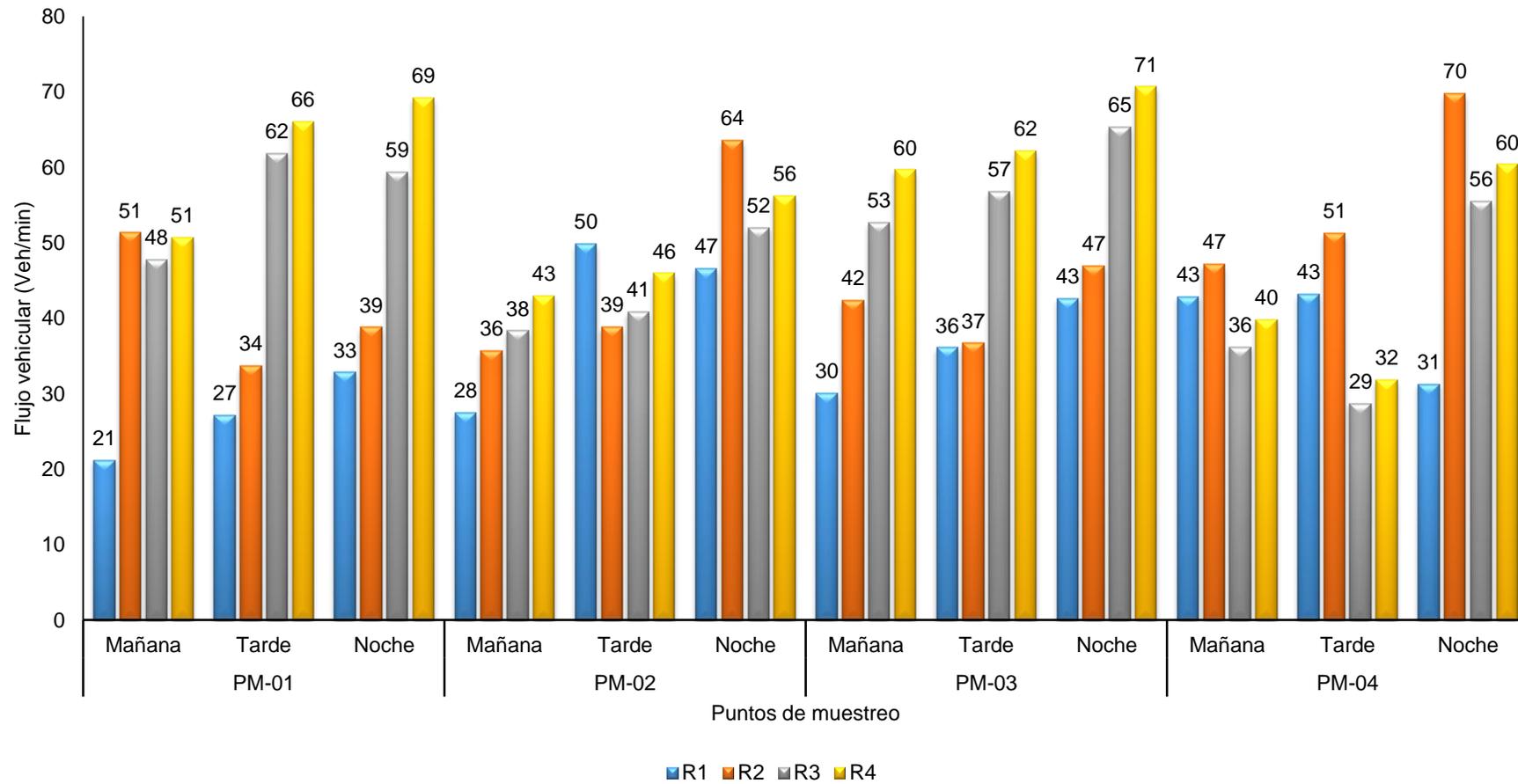


Figura 13. Valores del flujo vehicular tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante cuatro meses.

4.4. Determinar la similitud entre los parámetros físicos en los puntos de muestreo y comparar los niveles de monóxido de carbono con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aire

4.4.1. Temperatura

La razón-F, que en este caso es igual a 1,04516 (Cuadro 17), es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de los grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de temperatura entre una repetición y otra, con un nivel del 95,0 % de confianza.

Se identificaron cuatro grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's (Cuadro 18). El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Al aplicar un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras (Cuadro 19). No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95 % de confianza. En la Figura 14, se observa el grado de dispersión de los datos de temperatura. Las repeticiones R₁ y R₄ muestran homogeneidad en la dispersión de sus datos.

Cuadro 17. Análisis de variancia para la temperatura por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	20,25	6,75	1,05	0,41
Intra grupos	12	77,50	6,46		
Total (Corr.)	15	97,75			

Cuadro 18. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos
R ₁	4	22,75	X
R ₂	4	25,00	X
R ₃	4	25,00	X
R ₄	4	25,75	X

Cuadro 19. Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		-2,25	5,35134
R ₁ - R ₃		-2,25	5,35134
R ₁ - R ₄		-3,00	5,35134
R ₂ - R ₃		0,00	5,35134
R ₂ - R ₄		-0,75	5,35134
R ₃ - R ₄		-0,75	5,35134

* = indica una diferencia significativa.

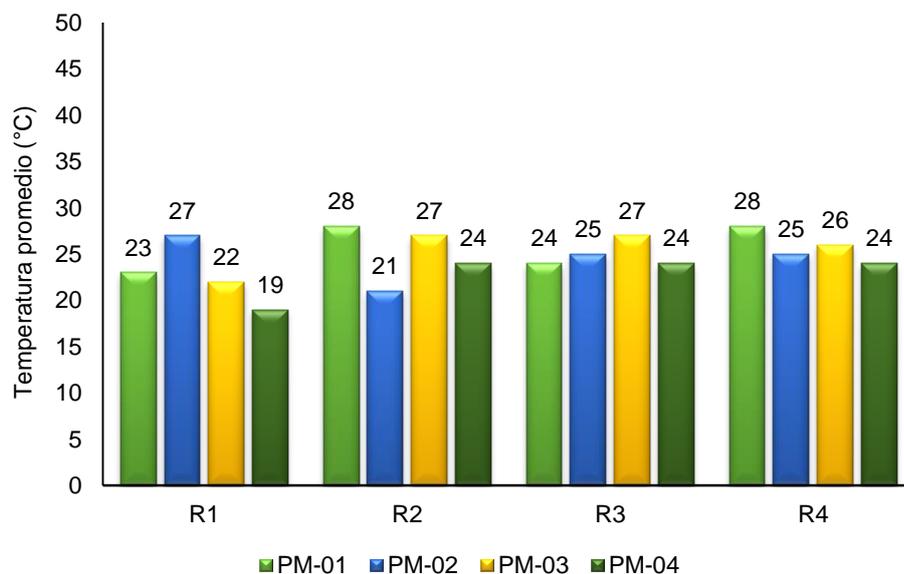


Figura 14. Valores de temperatura tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

4.4.2. Humedad relativa

La razón-F, que en este caso es igual a 0,395425, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos (Cuadro 20). Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de humedad relativa entre una repetición y otra, con un nivel del 95 % de confianza.

En el Cuadro 21, se muestran las pruebas de múltiples rangos para la velocidad del viento superficial por repetición:

Se han identificado cuatro grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (Cuadro 22).

En el Cuadro 23, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95 % de confianza. En la Figura 15, se observa el grado de dispersión de los datos de humedad relativa. Las repeticiones R₁ y R₄ muestran homogeneidad en la dispersión de sus datos.

Cuadro 20. Análisis de variancia para la humedad relativa por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	210,69	70,23	0,40	0,76
Intra grupos	12	2131,25	177,60		
Total (Corr.)	15	2341,94			

Cuadro 21. Media para humedad relativa por repetición con intervalos de confianza del 95 %.

Repetición	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
R ₁	4	79,75	6,66	65,72	93,78
R ₂	4	79,75	6,66	65,72	93,78
R ₃	4	74,25	6,66	60,22	88,28
R ₄	4	84,50	6,66	70,47	98,53
Total	16	79,56			

Cuadro 22. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos
R ₃	4	74,25	X
R ₁	4	79,75	X
R ₂	4	79,75	X
R ₄	4	84,50	X

Cuadro 23. Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		0,00	28,06
R ₁ - R ₃		5,50	28,06
R ₁ - R ₄		-4,75	28,06
R ₂ - R ₃		5,50	28,06
R ₂ - R ₄		-4,75	28,06
R ₃ - R ₄		-10,25	28,06

* = indica una diferencia significativa.

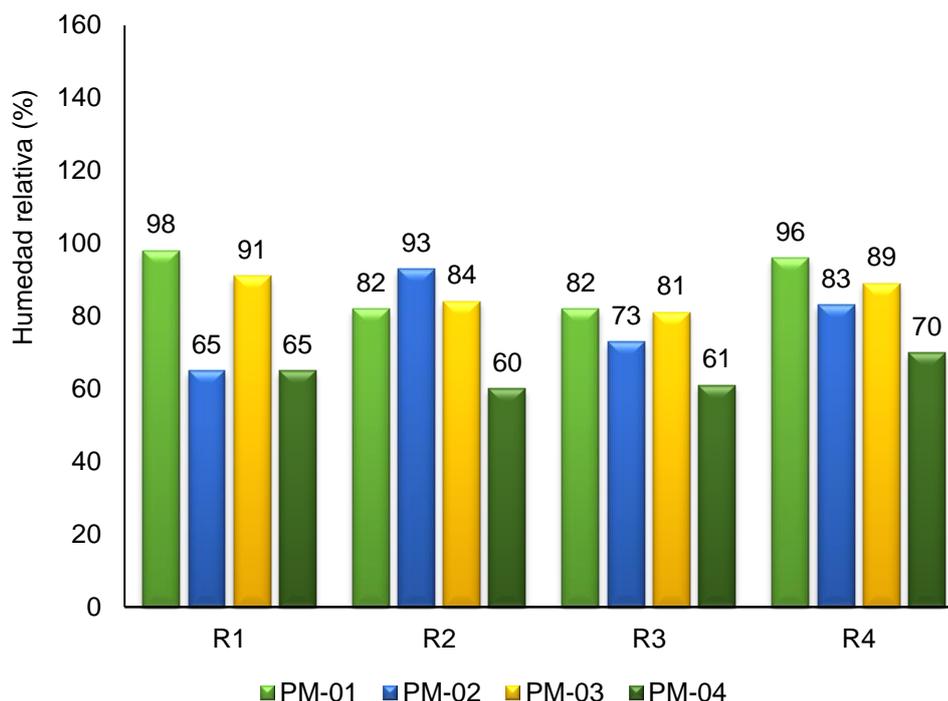


Figura 15. Valores de humedad relativa tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

4.4.3. Velocidad del viento superficial

La razón-F, que en este caso es igual a 0,909091 (Cuadro 24), es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la velocidad del viento superficial entre una repetición y otra, con un nivel del 95 % de confianza.

En el Cuadro 25, se muestran las pruebas de múltiples rangos para la velocidad del viento superficial por repetición:

Se han identificado cuatro grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas (Cuadro 26). No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de Diferencia Honestamente Significativa (HSD) de Tukey.

Al aplicar el procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se nota que no existe

diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95 % de confianza (Cuadro 27). De acuerdo al grado de dispersión de los datos de la velocidad del viento superficial, las repeticiones R₁ y R₂ muestran homogeneidad en la dispersión de sus datos (Figura 16).

Cuadro 24. Análisis de variancia de la velocidad del viento por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	5,00	1,67	0,91	0,47
Intra grupos	12	22,00	1,83		
Total (Corr.)	15	27,00			

Cuadro 25. Media para la velocidad del viento superficial por repetición con intervalos de confianza del 95 %.

Repetición	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
R ₁	4	3,50	0,68	2,07	4,93
R ₂	4	3,00	0,68	1,57	4,43
R ₃	4	2,50	0,68	1,07	3,93
R ₄	4	2,00	0,68	0,57	3,43
Total	16	2,75			

Cuadro 26. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos
R ₄	4	2,00	X
R ₃	4	2,50	X
R ₂	4	3,00	X
R ₁	4	3,50	X

Cuadro 27. Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		0,50	2,85
R ₁ - R ₃		1,00	2,85
R ₁ - R ₄		1,50	2,85
R ₂ - R ₃		0,50	2,85
R ₂ - R ₄		1,00	2,85
R ₃ - R ₄		0,50	2,85

* = indica una diferencia significativa.

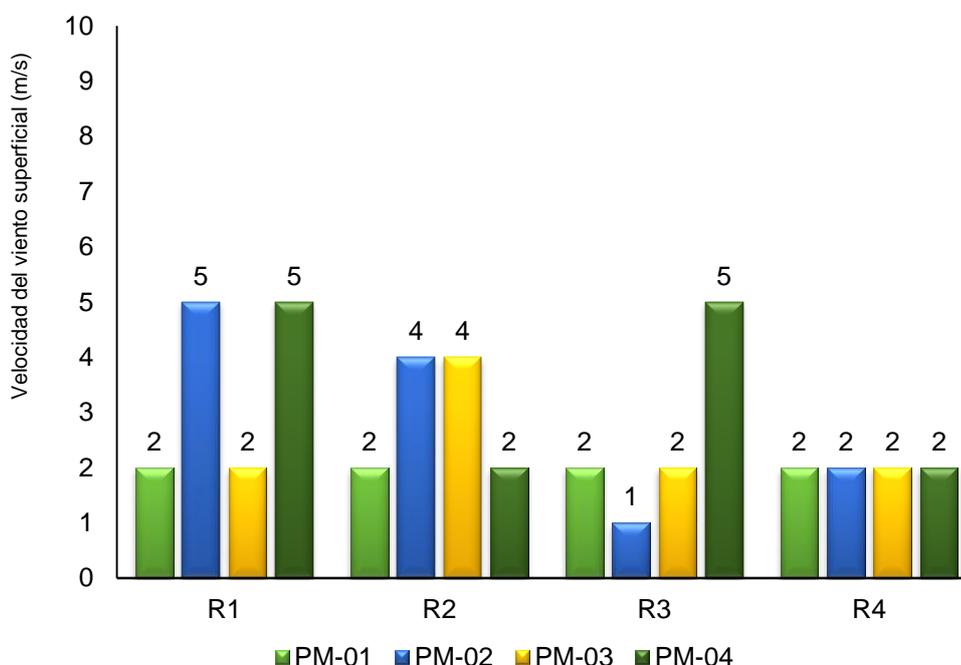


Figura 16. Valores de la velocidad del viento superficial en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

4.4.4. Precipitación

La razón-F, que en este caso es igual a 0,410875 (Cuadro 28), es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la precipitación entre una repetición y otra, con un nivel del 95 % de confianza.

En el Cuadros 29, se muestran las pruebas de múltiples rangos para la precipitación por repetición:

Con la identificación de los cuatro grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (Cuadro 30).

Con la aplicación del procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se registra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias a un nivel del 95 % de confianza (Cuadro 31). En la Figura 17, se observa el grado de dispersión de los datos de la precipitación. La repetición R₁ muestra homogeneidad en la dispersión de sus datos.

Cuadro 28. Análisis de variancia para la precipitación por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	310,75	103,58	0,41	0,75
Intra grupos	12	3025,22	252,10		
Total (Corr.)	15	3335,97			

Cuadro 29. Medias para la precipitación por repetición con intervalos de confianza del 95 %.

Repetición	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite inferior	Límite superior
R ₁	4	4,38	7,94	-12,34	21,09
R ₂	4	7,80	7,94	-8,92	24,52
R ₃	4	16,03	7,94	-0,69	32,74
R ₄	4	6,58	7,94	-10,14	23,29
Total	16	8,69			

Cuadro 30. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos
R ₁	4	4,38	X
R ₄	4	6,58	X
R ₂	4	7,80	X
R ₃	4	16,03	X

Cuadro 31, Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		-3,43	33,43
R ₁ - R ₃		-11,65	33,43
R ₁ - R ₄		-2,20	33,43
R ₂ - R ₃		-8,23	33,43
R ₂ - R ₄		1,23	33,43
R ₃ - R ₄		9,45	33,43

* = indica una diferencia significativa.

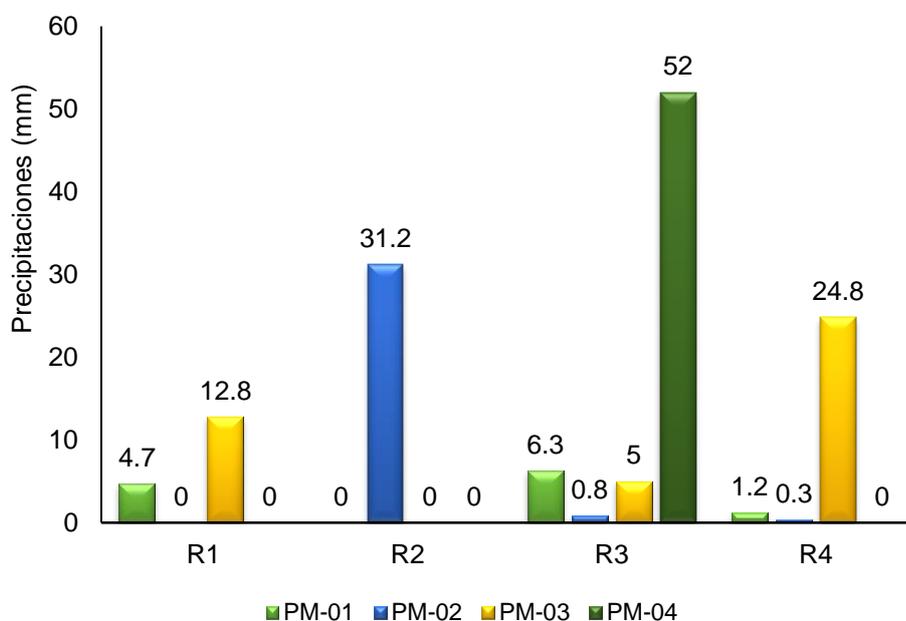


Figura 17. Valores de precipitaciones tomadas en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María, durante los cuatro meses.

4.4.5. Niveles de monóxido de carbono

La razón-F, que en este caso es igual a 2,55416 (Cuadro 32), es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los niveles de monóxido de carbono entre una repetición y otra, con un nivel del 95 % de confianza.

En el Cuadro 33, se muestran las pruebas de múltiples rangos para los niveles de monóxido de carbono por repetición:

Con la identificación de los cuatro grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's (Cuadro 34). El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Con la aplicación del procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se registra que no existe diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95 % de confianza (Cuadro 35).

Cuadro 32. Análisis de variancia para niveles de monóxido de carbono por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	1,57E+07	5,22E+06	2,55	0,10
Intra grupos	12	2,45E+07	2,04E+06		
Total (Corr.)	15	4,02E+07			

Cuadro 33. Media para los niveles de monóxido de carbono por repetición con intervalos de confianza del 95 %.

Repetición	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite inferior	Límite superior
R ₁	4	495,50	715,01	-1010,12	2001,12
R ₂	4	3014,25	715,01	1508,63	4519,87
R ₃	4	993,25	715,01	-512,37	2498,87
R ₄	4	809,50	715,01	-696,12	2315,12
Total	16	1328.13			

Cuadro 34. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos
R ₁	4	495,50	X
R ₄	4	809,50	X
R ₃	4	993,25	X
R ₂	4	3014,25	X

Cuadro 35. Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		-2518,75	3011,25
R ₁ - R ₃		-497,75	3011,25
R ₁ - R ₄		-314,00	3011,25
R ₂ - R ₃		2021,00	3011,25
R ₂ - R ₄		2204,75	3011,25
R ₃ - R ₄		183,75	3011,25

* = indica una diferencia significativa.

4.4.6. Flujo vehicular

La razón-F, que en este caso es igual a 3,54913 (Cuadro 36), es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias del flujo vehicular - turno mañana entre una repetición y otra, con un nivel del 95 % de confianza.

En el Cuadro 37, se muestran las pruebas de múltiples rangos para el flujo vehicular - turno mañana por repetición:

Se han identificado dos grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's (Cuadro 38). El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de Diferencia Honestamente Significativa (HSD) de Tukey.

Con la aplicación del procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se aprecia que, si hay diferencias estadísticamente significativas entre la R_1 y R_4 , con un nivel del 95 % de confianza (Cuadro 39).

Cuadro 36. Análisis de variancia para flujo vehicular - turno mañana por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	724,69	241,56	3,55	0,05
Intra grupos	12	816,75	68,06		
Total (Corr.)	15	1541,44			

Cuadro 37. Medias para el flujo vehicular - turno mañana por repetición con intervalos de confianza del 95 %.

Repetición	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite inferior	Límite superior
R ₁	4	30,50	4,13	21,81	39,19
R ₂	4	44,00	4,13	35,31	52,69
R ₃	4	43,75	4,13	35,06	52,44
R ₄	4	48,50	4,13	39,81	57,19
Total	16	41,69			

Cuadro 38. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos	
R ₁	4	30,50	X	
R ₃	4	43,75	X	X
R ₂	4	44,00	X	X
R ₄	4	48,50		X

Cuadro 39. Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		-13,50	17,37
R ₁ - R ₃		-13,25	17,37
R ₁ - R ₄	*	-18,00	17,37
R ₂ - R ₃		0,25	17,37
R ₂ - R ₄		-4,50	17,37
R ₃ - R ₄		-4,75	17,37

* = indica una diferencia significativa.

4.4.7. Flujo vehicular - turno tarde

La razón-F, que en este caso es igual a 0,896128 (Cuadro 40), es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias del flujo vehicular - turno tarde entre una repetición y otra, con un nivel del 95 % de confianza.

En el Cuadros 41, se muestran las pruebas de múltiples rangos para el flujo vehicular - turno tarde por repetición:

Se han identificado cuatro grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas (Cuadro 42). No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza (Cuadro 43).

Cuadro 40. Análisis de variancia para flujo vehicular - turno tarde por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	419,50	139,83	0,90	0,47
Intra grupos	12	1872,50	156,04		
Total (Corr.)	15	2292,00			

Cuadro 41. Medias para el flujo vehicular - turno tarde por repetición con intervalos de confianza del 95 %.

Repetición	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite inferior	Límite superior
R ₁	4	39,00	6,25	25,85	52,15
R ₂	4	40,25	6,25	27,10	53,40
R ₃	4	47,25	6,25	34,10	60,40
R ₄	4	51,50	6,25	38,35	64,65
Total	16	44,50			

Cuadro 42. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos
R ₁	4	39,00	X
R ₂	4	40,25	X
R ₃	4	47,25	X
R ₄	4	51,50	X

Cuadro 43. Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		-1,25	26,30
R ₁ - R ₃		-8,25	26,30
R ₁ - R ₄		-12,50	26,30
R ₂ - R ₃		-7,00	26,30
R ₂ - R ₄		-11,25	26,30
R ₃ - R ₄		-4,25	26,30

* = indica una diferencia significativa.

4.4.8. Flujo vehicular - turno noche

La razón-F, que en este caso es igual a 5,44805 (Cuadro 44), es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias del flujo vehicular - turno noche entre una repetición y otra, con un nivel del 95 % de confianza.

En el Cuadro 45, se muestran las pruebas de múltiples rangos para el flujo vehicular - turno noche por repetición:

Se han identificado dos grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas (Cuadro 46). No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si hay diferencias estadísticamente significativas entre la R_1 y R_4 , con un nivel del 95 % de confianza (Cuadro 47).

Cuadro 44. Análisis de variancia para flujo vehicular - turno noche por repetición.

Fuente	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medios	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3	1428,75	476,25	5,45	0,01
Intra grupos	12	1049,00	87,42		
Total (Corr.)	15	2477,75			

Cuadro 45. Medias para el flujo vehicular - turno noche por repetición con intervalos de confianza del 95 %.

Repetición	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite inferior	Límite superior
R1	4	38,50	4,67	28,66	48,34
R2	4	55,00	4,67	45,16	64,84
R3	4	58,00	4,67	48,16	67,84
R4	4	64,00	4,67	54,16	73,84
Total	16	53,88			

Cuadro 46. Método HSD Tukey al 95 % de confianza.

Repetición	Casos	Media	Grupos homogéneos	
R ₁	4	38,50	X	
R ₂	4	55,00	X	X
R ₃	4	58,00	X	X
R ₄	4	64,00		X

Cuadro 47. Significancia entre las repeticiones.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
R ₁ - R ₂		-16,50	19,69
R ₁ - R ₃		-19,50	19,69
R ₁ - R ₄	*	-25,50	19,69
R ₂ - R ₃		-3,00	19,69
R ₂ - R ₄		-9,00	19,69
R ₃ - R ₄		-6,00	19,69

* = indica una diferencia significativa.

V. DISCUSIÓN

Los niveles y dispersión del monóxido de carbono en la ciudad de Tingo María se ven influenciada por la velocidad y dirección del viento y demás parámetros físicos, además que, la ciudad presenta una connotación geográfica que se trastoca impidiendo a que las nubes sufran su desplazamiento hacia otros lugares. Esto es corroborado por QUISPE (2014), quien afirma que la velocidad y dirección del viento es un factor determinante que tiene influencia en gran medida para la dispersión de los contaminantes, asimismo, es influenciado por otros parámetros físico incluyendo la posición geográfica de cada lugar, por ejemplo, el viento favorece la difusión de los contaminantes ya que desplaza las masas de aire en función de la presión y temperatura. El efecto que puede causar el viento depende fundamentalmente de los accidentes del terreno. De otro modo HERNÁNDEZ *et al.* (2004) indica que el comportamiento del monóxido de carbono generado en una ciudad es controlado en gran medida por la ocurrencia de los fenómenos climáticos y la geografía de la región. La temperatura, la precipitación, el viento y la situación geográfica son los principales agentes de concentración o dispersión al influir poderosamente en los procesos de distribución del gas. Según MOREANO *et al.* (2012), la velocidad del viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea, menor será la concentración, esto se confirma con lo observado en la Figura 16, cuyos valores de la velocidad del viento son altos en el punto 01 y los niveles de monóxido de carbono (Figura 4) son valores ínfimos en las cuatro repeticiones.

Los valores de temperatura (°C) y humedad relativa (%) registrados en la presente investigación, coincide por CRUZ *et al.* (2006), quien indica que la humedad relativa presenta una variación inversa con la temperatura; es decir que la humedad disminuye cuando la temperatura aumenta.

Los valores de precipitación registrados con respecto a los niveles de contaminación en la ciudad de Tingo María, son indirectamente proporcional, debido a que se nota claramente que la lluvia ejerce un efecto de limpieza o lavado de la atmosfera y por consiguiente se reduce considerablemente la concentración de monóxido de carbono (Figura 17), coincidiendo por lo afirmado por QUISPE (2014), quien indica que donde hay mayor precipitación existe bajos niveles de monóxido de carbono. Otro aspecto importante que es necesario acotar es la ubicación geográfica de la ciudad de Tingo María, situada en las estivaciones de la cordillera de los Andes (selva alta) cubierta de vegetación, el cual influye como una especie de esponja y filtrado, absorbiendo gases y contaminantes, y por lo tanto reduce de manera natural los gases contaminantes, y por consiguiente los niveles de monóxido de carbono en la ciudad de Tingo María se encuentran por debajo de los estándares nacionales de calidad ambiental del aire registrados en la presente investigación (Figura 4). Al respecto MOREANO *et al.* (2012), indica que los arboles funcionan como filtro natural, sus hojas y corteza son capaces de absorber las partículas y gases en el entorno y filtrarlos a través de sí mismos, combinados con agua son procesados y desechados de manera natural.

De acuerdo a MOLINA (2013), el tiempo de permanencia del monóxido de carbono en la atmósfera es del orden de un mes, esto se confirma con lo observado en la Figura 4, ya que los niveles de monóxido de carbono obtenidos de la atmósfera de la ciudad de Tingo María varían en cada mes de evaluación.

La dirección del viento predominante en los cuatro puntos de muestreo es hacia el Oeste (W), del mismo modo en las Figuras 7 y 8, la dirección del viento predomina en la segunda y tercera repetición hacia el este (E), siendo contrastado con lo que menciona MOREANO *et al.*, (2012), que los principales factores del transporte y dispersión son el viento o movimiento horizontal y la estabilidad o movimiento vertical, es lo que influenció en la dispersión del monóxido de carbono en el presente trabajo de investigación.

El mayor flujo vehicular registrado en la ciudad de Tingo María fue en el Punto 03 (tercera cuadra de la Av. Tito Jaime Fernández) y con bajas concentraciones de monóxido de carbono, el cual no concuerda con lo afirmado por HERNÁNDEZ *et al.* (2004), quien manifiesta que la concentración de monóxido de carbono depende básicamente de las emisiones de los automóviles y de las industrias. En consecuencia, comparando con los resultados de los niveles de monóxido de carbono de la presente investigación, éstos no sobrepasan los niveles de concentración máxima establecidos por DIGESA (2005) en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, considerándose al aire de la ciudad de Tingo María como no contaminado por monóxido de carbono. Por otra parte, se cuenta con el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminantes del Aire, aprobado mediante Decreto Supremo N° 009-2003-MINAM, cuyos niveles se dividen en tres, el primero (cuidado), con valores $> 15000 \mu\text{g}/\text{m}^3$; el segundo (peligro), con valores $> 20000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el tercero (emergencia), con valores $> 35000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, señalando que los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación no presenta valores mayores a los tres niveles mencionados líneas anteriores, considerándose que el aire de la ciudad de Tingo María no se encuentra en ninguno de sus niveles de alerta por contaminación del aire por monóxido de carbono.

Comparando la Normativa Nacional de Calidad ambiental del aire con los Estándares de calidad de aire para diferentes países (Normativa internacional de Calidad ambiental del aire), cuyos valores se observan en los Cuadros 2 y 4, se puede afirmar que los niveles de monóxido de carbono en el aire de la ciudad de Tingo María no sobrepasan los valores máximos permisibles de otro señalados en los cuadros mencionados.

VI. CONCLUSIONES

1. Los niveles y dispersión del monóxido de carbono en la ciudad de Tingo María son influenciadas por la velocidad y dirección del viento y demás parámetros físicos.
2. La temperatura, la precipitación, el viento y la situación geográfica son los principales agentes de concentración o dispersión de los niveles de concentración de monóxido de carbono al influir grandemente en los procesos de distribución del gas.
3. El tiempo de permanencia de los niveles de monóxido de carbono en la atmósfera de la ciudad de Tingo María, varía aproximadamente cada mes.
4. El mayor flujo vehicular registrado en la ciudad de Tingo María fue en el Punto 03 (tercera cuadra de la Av. Tito Jaime Fernández) obteniendo bajas concentraciones de monóxido de carbono y de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aire no sobrepasan los $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y según el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta por contaminación del aire, no sobrepasan en ninguno de sus niveles establecidos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Investigar medidas de mitigación como políticas preventivas, para que a largo plazo estos niveles bajos de monóxido de carbono presentes en el aire de la Ciudad de Tingo María persistan, y no se incrementen el grado de contaminación.
2. Desarrollar investigaciones relacionadas al comportamiento del monóxido de carbono en la atmósfera en determinadas áreas de estudio.
3. Investigar mayor periodo de tiempo la relación que tiene la influencia de los factores físicos con respecto a la concentración de monóxido de carbono.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATAL C., R. 2009. Efecto de las medidas de gestión de episodios críticos en la calidad del aire en Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Tesis de grado. Magister en economía. Chile.
- CHANG (2012). Contaminación ambiental y su impacto en la sociedad. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. Pp. 76-79.
- CESEL I., 2013. Informe final del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Proyecto "Línea de Transmisión en 220 kV S.E. Carabayllo - S.E. Nueva Jicamarca". Perú.
- CRUZ, O., y JIMENEZ, P. 2006. Evaluación de la contaminación del aire por microorganismos oportunistas y su relación con material particulado (PM2.5 y PM10) en la localidad de puente Aranda. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería ambiental y sanitaria. Bogotá D.C.
- DIGESA, 2005. Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos. Dirección general de salud ambiental.
- ENVIROTEST, 2017. Environmental Testing Laboratory S.A.C. Instructivo de laboratorio. Determinación de Monóxido de carbono en aire - Método 4 - Carboxibenceno sulfonamida. Lima. Perú.
- ENVIROTEST, 2013. Environmental Testing Laboratory S.A.C. Validación del Método de ensayo. ETIL -130511- Determinación de Monóxido de carbono en aire - Método 4 - Carboxibenceno sulfonamida. Lima. Perú.
- FALCONI L., S. 2011. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de fuentes móviles en el estado de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ingeniería y Arquitectura. México.

- GARCÍA, J., y TANTALEÁN, J. 2008. Evaluación del grado de contaminación del aire en el Centro Histórico de Lima. Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima. Perú.
- HERNÁNDEZ, J.; MADRIGAL, D., y MORALES, C. 2002. Comportamiento del monóxido de carbono y el clima en la ciudad de Toluca, de 1995 a 2001. Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México. ISSN 1405-0269. Pp. 263-274.
- INEI, 2007. Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- MASAQUIZ, A. 2012. Estudio técnico de un sistema integral de revisión vehicular para la provincia de Chimborazo en la Espoch. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de mecánica. Escuela de ingeniería automotriz. Riobamba, Ecuador.
- MOLINA, P. 2013. Simulación numérica de un problema de contaminación atmosférica. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela técnica superior de ingenieros de minas de Madrid. España.
- MONTERO, C. 2011. "Pronóstico de la calidad del aire en el área metropolitana de la ciudad de México a través del análisis de las series de tiempo de los componentes del IMECA". Universidad Iberoamericana. México DF.
- MOREANO, B., y PALMISANO, P. 2012. Nivel de afectación de la contaminación atmosférica y sus efectos en la infraestructura del campus universitario debido a la emisión de partículas PM10 y CO. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de ciencias e ingeniería. Lima.
- OLAYA, G. 1981. Evaluación de la contaminación por Monóxido de Carbono en Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- OMS. 2004. Organismo Mundial de Salud. Guías para la calidad del aire. OPS/CEPIS/PUB/04.110. Lima, Perú.

- QUISPE, K. 2014. Líquenes como bioindicadores de la calidad del aire en la ciudad de Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental.
- RAMIREZ L., y VIVANCO M. 2007. Análisis de parámetros meteorológicos utilizando el modelo de la rosa de los vientos. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey.
- RUIZ, M. 2011. Determinación de niveles de contaminación por Monóxido de carbono en trabajadoras de tortillerías a base de leña de la ciudad de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala.
- SANTIAGO, I. 2003. Intoxicaciones por gases. Ann Sis San Navarra. Pp. 137 – 180.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Lima). 2017. Condiciones climáticas, hidrológicas y ambientales en la región Huánuco, Ucayali y provincia de Tocache (Perú). SENAMHI; Dirección Zonal 10. Boletín Técnico. Tingo María, Perú. Vol. 04-06.
- TANTALEÁN, J. 2006. Evaluación de la calidad del aire en el Centro Histórico de Lima en el mes de Febrero del 2005. Perú. Tesis de Ingeniero. Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima.
- TÉLLEZ, J., RODRÍGUEZ, A., y FAJARDO, A. 2006. Contaminación por monóxido de carbono: un Problema de Salud Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Rev. Salud pública., 8 (1): 108-117.
- VINTIMILLA, J. 2015. Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el Cantón Cuenca. Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico Automotriz. Ecuador.
- ZARME, S. 2005. Capítulo 6. Normas de la calidad del aire. Pp. 53-57.

IX. ANEXO

ANEXO 1

Cuadro 48. Asociaciones de trimóviles inscritos en el Área de Transporte de la
Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.

N°	Razón social
1	Asociación de Trimóviles N° 18.
2	Asociación de Mototaxis "Leoncio Prado".
3	Asociación de Motocarros "Rupa Rupa"
4	Asociación de Trimóviles N° 15.
5	Agrupación de Mototaxis "Tinmar".
6	Agrupación de Transportistas "Seguros Express".
7	Asociación de Transportistas "Microcuenca Cueva de las Pavas".
8	Asociación de Mototaxis "Tours Pampas".
9	Asociación de Mototaxis "Tours Milenio".
10	Asociación Civil "Taxi Selva Tours".
11	Asociación de Trimóviles "Brisas Express".
12	Asociación de Transportistas "Tito Jaime Fernández".
13	Agrupación de Trimóviles "Ricardo Palma".
14	Asociación de Transportes de Trimóviles Huallaga.
15	Asociación de Trimóviles "Nuevo Horizonte".
16	Asociación de Mototaxis "Puerta de la Amazonía"
17	Asociación de Mototaxis "Indians Tours Naranjillo".
18	Asociación de Mototaxis "Línea Universitaria".
19	Asociación de Trimóviles "Mil Oficios".
20	Asociación de Trimóviles "Bella Durmiente".
21	Empresa de Trimóviles "Supte San Jorge S.A.C".
22	Asociación de Trimóviles Tours Tingo.
23	Asociación de Trimóviles "Naranjillo Express"
24	Asociación de Trimóviles "Las Águilas".
25	Asociación de Trimóviles "9 de octubre".
26	Asociación "Transtours la perla".
27	Asociación de Mototaxis "Taxi Flores".
28	Asociación de trimóviles "Pendencia Express".
29	Asociación de Trimóviles "Tours Las Gradass".
30	Asociación de Trimóviles "05 de Noviembre".
31	Empresa de transportes "Los Colonos" S.A.C.
32	Empresa de transporte y servicio "Ebra" S.R.L.
33	Asociación de Trimóviles "Los Tingaleses".
34	Empresa de Transportes "Afilador Express" S.R.L.
35	Asociación de Trimóviles "Sven Erickson".
36	Asociación de Trimóviles "Delicias Express".
37	Empresa de Transportes Trimovil "Tours Rosales Express" S.A.C.
38	Empresa de Transporte "Mixta El Escorpión" S.A.C.
39	Asociación de Transporte "SUTTRILEP"

- 40 Asociación de Trimóviles "Turismo Tincocc".
- 41 Asociación de Trimóviles "Taxi Bank".
- 42 Asociación de Trimóviles "Turismo Bella".
- 43 Golondrinas.
- 44 Asociación de Trimóviles "Alberto Paez - Víctor Raúl".
- 45 Empresa de Transportes de Veh Menores "Bajaj Expres S.R.L".
- 46 Asociación de trimóviles "1 de Julio y Dos Amigos".
- 47 Empresa de Transportes "Real Tours" de Trimóviles S.C.R.L.
- 48 Asociación de Trimóviles "Los Ángeles de María".
- 49 Empresa de Trimóviles "Cueva Express S.R.L".
- 50 Asociación de Trimóviles "Turismo Inti".
- 51 Asociación de Trimóviles "Fedajan Express".
- 52 Asociación de Trimóviles "Los Risueños".
- 53 Asociación de Trimóviles "Taxi Red Leoncio Prado".
- 54 Empresa de Transportes y Turismo "Radio Taxi Express" S.R.L.
- 55 Asociación de Trimóviles "Tours La Cabaña".
- 56 Asociación de Trimóviles "Pedro Abad Saavedra".
- 57 Empresa de Transportes "Selva Alegre" S.R.L.
- 58 Asociación de Trimóviles "Electro Express".
- 59 Asociación de Mototaxis Supte Tulumayo.
- 60 Asociación de Trimóviles "Identidad Real".
- 61 Asociación de Trimóviles "Happy Word".
- 62 Empresa de Transportes "Turismo "el velo de las ninfas".
- 63 Empresa de Transportes "Ruge León" S.R.L.
- 64 Asociación de Trimóviles "Tupac Express".
- 65 Asociación de Trimóviles "Turismo Supte".
- 66 Asociación de Transportistas Esspres Inti.
- 67 Empresa de Transportes Turismo "Brisas Del Huallaga" S.A.C.
- 68 Asociación de Trimóviles "Puma Tours".
- 69 Empresa de Transportes Expreso Luyando S.R.L.
- 70 Asociación de Transportes "Ricardo Corazón".
- 71 Asociación de Trimóviles Victoria Express.
- 72 Asociación de Trimóviles Tours Los Ángeles.

Fuente: Área de Transporte de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.

Cuadro 49. Empresas de transportes de automóviles inscritos en el Área de Transporte de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.

N°	Razón social
1	Empresa de Transportes "Santa Lucía".
2	Empresa de Transportes "Sarita Colonia III" S.R.L.
3	Empresa de Transportes "San Juan de Tulumayo" S.R.L.
4	Empresa de Transportes "Pumahuasi Express" S.A.
5	Empresa de Transportes "Turismo Tingo María-Tocache" S.A.C.
6	Empresa de Transportes "Las Vegas" S.R.L.
7	Empresa de Transportes.
8	Empresa de Transportes "Cordillera Azul" S.R.L.
9	Empresa de Transportes "Supte San Jorge" S.A.C.
10	Empresa "Nacional Chasqui". S.A.
11	Empresa de Transportes.
12	Empresa de Transportes "Tico Express N° 6" S.R.L.
13	Empresa de Transportes "Mariano de Beraun".
14	Empresa de Transportes "Selva Express".
15	Empresa de Transportes "Mariano de Beraun".
16	Empresa de Transportes "Yurimaguas" S.R.L.
17	Empresa de Transportes "Turismo Las Palmas" S.R.L.
18	Empresa de Transporte "Servicio Múltiples Turismo Anda" S.R.L.
19	Empresa de Transportes "Sol del Oriente". S.R.L.
20	Empresa de Transporte "Servitours Ucayali" S.A.C.
21	Empresa de Transporte "Trans Diez".
22	Empresa de Transportes Rey Express.
23	Empresa de Transportes "Auca Express".
24	Empresa "Brisas del Alto Tulumayo".
25	Empresa de Transportes "Turismo Nacional Chasqui" S.A.
26	Empresa de Transportes "Venenillo Express" S.A.C.
27	Empresa de Transportes "Turismo Aucayacu" E.I.R.L.
28	Empresa de Transportes "Turismo Azul" S.A.C.
29	Empresa de Transportes "Grupo Toc" S.A.C.
30	Empresa de Transportes "Progreso Express" S.A.C.
31	Empresa de Transportes Servicios Generales "Pizana Express" S.A.C.
32	Empresa de Transportes.
33	Empresa de Transportes "Pampamarca Express" S.R.L.
34	Empresa de Transportes 3 D Com del Perú.
35	Empresa de Transportes "Tocache Express" S.A.C.
36	Empresa de Transportes "Unidos Express".
37	Empresa de Transportes "Turismo Divisoria" S.A.C.
38	Empresa de Transportes "Turismo Venenillo Express".
39	Empresa de Transportes "Valdizán Express" S.A.C.
40	Empresa de Transportes "Santa María Express" E.I.R.L.
41	Empresa de Transportes "Expreso Tocache" S.A.C.
42	Empresa de Transportes de Servicios Múltiples "Trans Perú" S.A.C.

- 43 Empresa de Transportes "García N° II" E.I.R.L.
- 44 Empresa de Transportes "Progreso Especial" S.A.
- 45 Empresa de Transportes Turismo "Pueblo Nuevo" S.R.L.
- 46 Empresa de Transportes "El Águila" S.R.L.
- 47 Empresa de Transportes "Monzón Expres y Servicios Múltiples" S.A.C.
- 48 Empresa de Transportes "El Turista".
- 49 Empresa de Transportes "Tur" S.A.C.
- 50 Empresa de Transporte Turístico Santa Lucía S.A.C.
- 51 Empresa de Transportes Uchiza Express S.A.C.
- 52 Empresa de Transportes Maedsa, Vero S.R.L.
- 53 Empresa de Transportes Uchiza Perú S.A.C.
- 54 Empresa de Transportes Moda Torus S.A.C.

Fuente: Área de Transporte de la Municipalidad Provincial de Leoncio Prado.

Cuadro 50. Enfermedades respiratorias registradas en el Hospital de Tingo María.

Código	Morbilidad (enfermedades respiratorias) año 2016	Total			
		Enero	Febrero	Marzo	Abril
J069	Infección aguda de las vías respiratorias superiores, no especificada	26	112	82	170
J209	Bronquitis aguda, no especificada	16	32	43	43
J459	Asma no especificada. Asma de aparición tardía. bronquitis asmática/sob sibilancia, hip	34	12	4	24
J40X	Bronquitis, no especificada como aguda o crónica	29	32	39	22
J219	Bronquiolitis sin especificar, bronquiolitis aguda	11	9	8	15
A162	Tuberculosis del pulmón, sin mención de confirmación bacteriológica o histológica	70	20	20	14
J46X	Estado asmático. Asma aguda severa.	4	8	14	14
J984	Otros trastornos del pulmón	4	4	3	11
J841	Otras enfermedades pulmonares intersticiales con fibrosis	3	1	3	9
A150	TBC pulmonar BK (+)	10	15	9	7
A160	TBC pulmonar BK (-) cultivo (-)	2	5	1	3
A169	TBC respiratoria no especificada / TBC pulmonar sin baciloscopia	-	-	-	3
J849	Enfermedad pulmonar intersticial, no especificada	-	1	4	2
J208	Bronquitis aguda debida a otros microorganismos especificados	2	7	2	1
J418	Bronquitis crónica mixta simple y mucopurulenta	1	-	1	1
J450	Asma predominantemente alérgica. bronquitis alérgica	-	-	-	1
J989	Trastorno respiratorio, no especificado	-	-	-	1

Fuente: Hospital de Tingo María.

Cuadro 51. Enfermedades respiratorias registradas en EsSalud H.I. Tingo María.

Código	Morbilidad (enfermedades respiratorias) año 2016	01 enero – 31 marzo	
		Emergencia	Consultorio
A15.9	Tuberculosis respiratoria no especificada, confirmada bacteriológica o histológica	1	1
A16.2	Tuberculosis de pulmón, sin mención de confirmación bacteriológica o histológica	3	1
J18.0	Bronquoneumonía, no especificada	3	2
J20.0	Bronquitis aguda debida a <i>Mycoplasma pneumoniae</i>	1	-
J20.2	Bronquitis aguda debida a estreptococos	3	3
J20.8	Bronquitis aguda debida a otros microorganismos especificados	35	23
J20.9	Bronquitis aguda, no especificada	227	571
J21.9	Bronquiolitis aguda, no especificada	9	4
J40	Bronquitis, no especificada como aguda o crónica	1	1
J44.8	Otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas especificadas	1	89
J45.0	Asma predominantemente alérgica	1	2
J45.1	Asma no alérgica	2	-
J45.8	Asma mixta	7	3
J45.9	Asma, no especificada	125	345
J47	Bronquiectasia	4	73
J68.9	Afección respiratoria no especificada, debida a inhalación de gases, humos, vapores y sustancias químicas	1	1
J84.9	Enfermedad pulmonar intersticial, no especificada	16	118
J96.0	Insuficiencia respiratoria aguda	9	2
J96.1	Insuficiencia respiratoria crónica	1	-
J96.9	Insuficiencia respiratoria, no especificada	2	-

Fuente: EsSalud H.I. Tingo María.

Cuadro 52. Datos obtenidos de los niveles de monóxido de carbono (ug/m3) en las cuatro repeticiones.

Monóxido de carbono	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
PM-01	531	3040	715	156
PM-02	1018	6023	1953	2770
PM-03	277	2838	1149	156
PM-04	156	156	156	156

Cuadro 53. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la primera repetición.

Horarios	Enero (primera repetición) 2017											
	25 (miércoles)			26 (jueves)			27 (viernes)			28 (sábado)		
	PM-01			PM-02			PM-03			PM-04		
	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche
Buses	8	15	12	6	2	3	4	0	16	35	10	10
Camiones	35	50	40	29	13	23	32	4	45	50	55	58
Automóviles	67	100	75	70	158	94	75	158	188	200	220	130
Trimóviles	278	400	403	320	826	778	340	586	600	480	610	360
Motos lineales	247	250	454	400	496	501	450	335	430	520	400	380
Σ (Sumatoria)	635	815	984	825	1495	1399	901	1083	1279	1285	1295	938
Flujo vehicular	21	27	33	28	50	47	30	36	43	43	43	31

Cuadro 54. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la segunda repetición.

Horarios	Febrero (segunda repetición) 2017											
	16 (jueves)			17 (viernes)			18 (sábado)			19 (domingo)		
	PM-01			PM-02			PM-03			PM-04		
	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche
Buses	60	4	26	30	6	15	40	7	20	30	12	30
Camiones	80	16	44	60	20	10	80	15	15	65	46	70
Automóviles	300	60	186	80	89	152	200	90	120	250	217	450
Trimóviles	500	450	405	600	500	1130	530	480	604	550	759	840
Motos lineales	600	480	503	300	550	600	420	508	650	520	503	703
∑ (Sumatoria)	1540	1010	1164	1070	1165	1907	1270	1100	1409	1415	1537	2093
Flujo vehicular	51	34	39	36	39	64	42	37	47	47	51	70

Cuadro 55. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la tercera repetición.

Horarios	Marzo (tercera repetición) 2017											
	11 (sábado)			12 (domingo)			13 (lunes)			14 (martes)		
	PM-01			PM-02			PM-03			PM-04		
	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche
Buses	37	15	20	30	5	15	25	10	15	30	15	25
Camiones	65	55	50	40	20	65	55	45	45	45	35	40
Automóviles	260	380	220	80	150	180	350	250	250	180	180	200
Trimóviles	550	655	850	650	550	550	650	750	850	380	280	740
Motos lineales	520	750	640	350	500	750	500	650	800	450	350	660
∑ (Sumatoria)	1432	1855	1780	1150	1225	1560	1580	1705	1960	1085	860	1665
Flujo vehicular	48	62	59	38	41	52	53	57	65	36	29	56

Cuadro 56. Datos obtenidos para el cálculo del flujo vehicular en la cuarta repetición.

Horarios	Abril (cuarta repetición) 2017											
	26 (miércoles)			27 (jueves)			28 (viernes)			29 (sábado)		
	PM-01			PM-02			PM-03			PM-04		
	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche	Mañana	Tarde	Noche
Buses	40	20	25	40	8	16	30	15	20	35	15	30
Camiones	70	60	60	50	30	70	60	50	50	60	40	60
Automóviles	270	400	240	100	200	200	400	300	300	200	200	220
Trimóviles	600	700	1000	700	600	600	700	800	900	400	300	800
Motos lineales	540	800	750	400	540	800	600	700	850	500	400	700
∑ (Sumatoria)	1520	1980	2075	1290	1378	1686	1790	1865	2120	1195	955	1810
Flujo vehicular	51	66	69	43	46	56	60	62	71	40	32	60

ANEXO 2

Cuadro 57. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la primera repetición.

Año	Mes	Día	HORA	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
2017	1	25	11	5,00	Este
2017	1	25	12	5,00	Este
2017	1	25	13	5,30	Oeste
2017	1	25	14	5,30	Norte
2017	1	25	15	5,40	Oeste
2017	1	25	16	4,90	Sur
2017	1	25	17	5,00	Norte
2017	1	25	18	5,20	Este
2017	1	25	19	5,30	Sur
2017	1	26	11	3,90	Oeste
2017	1	26	12	3,90	Oeste
2017	1	26	13	3,20	Norte
2017	1	26	14	3,40	Sur
2017	1	26	15	3,50	Este
2017	1	26	16	3,90	Oeste
2017	1	26	17	4,00	Norte
2017	1	26	18	3,50	Sur
2017	1	26	19	3,50	Este
2017	1	27	11	3,70	Oeste
2017	1	27	12	3,70	Oeste
2017	1	27	13	3,00	Sur
2017	1	27	14	3,50	Noroeste
2017	1	27	15	2,80	Norte
2017	1	27	16	2,70	Sur
2017	1	27	17	3,00	Este
2017	1	27	18	2,80	Sur
2017	1	27	19	2,90	Norte
2017	1	28	11	3,00	Este
2017	1	28	12	3,00	Este
2017	1	28	13	3,70	Norte
2017	1	28	14	3,40	Sureste
2017	1	28	15	3,00	Norte
2017	1	28	16	3,60	Este
2017	1	28	17	3,00	Oeste
2017	1	28	18	3,00	Norte
2017	1	28	19	3,90	Sur

Fuente: Estación meteorológica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 58. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la segunda repetición.

Año	Mes	Día	Hora	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
2017	2	16	11	4,90	Este
2017	2	16	12	4,90	Este
2017	2	16	13	4,50	Norte
2017	2	16	14	5,30	Sur
2017	2	16	15	5,00	Oeste
2017	2	16	16	4,90	Sur
2017	2	16	17	5,00	Norte
2017	2	16	18	5,30	Oeste
2017	2	16	19	5,00	Sur
2017	2	17	11	4,00	Sur
2017	2	17	12	4,00	Sur
2017	2	17	13	4,00	Sureste
2017	2	17	14	4,20	Este
2017	2	17	15	4,50	Este
2017	2	17	16	4,90	Norte
2017	2	17	17	4,50	Oeste
2017	2	17	18	4,50	Sur
2017	2	17	19	4,70	Este
2017	2	18	11	8,00	Este
2017	2	18	12	8,00	Este
2017	2	18	13	8,50	Este
2017	2	18	14	8,00	Sur
2017	2	18	15	9,50	Oeste
2017	2	18	16	8,80	Este
2017	2	18	17	9,50	Norte
2017	2	18	18	9,00	Sur
2017	2	18	19	9,50	Este
2017	2	19	11	6,00	Este
2017	2	19	12	6,00	Este
2017	2	19	13	5,80	Sur
2017	2	19	14	4,90	Norte
2017	2	19	15	5,80	Oeste
2017	2	19	16	5,60	Este
2017	2	19	17	5,80	Sur
2017	2	19	18	5,20	Norte
2017	2	19	19	5,80	Oeste

Fuente: Estación meteorológica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 59. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la tercera repetición.

Año	Mes	Día	Hora	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
2017	3	11	11	2,10	Noreste
2017	3	11	12	2,10	Noreste
2017	3	11	13	2,70	Este
2017	3	11	14	2,90	Sureste
2017	3	11	15	2,80	Sur
2017	3	11	16	2,90	Oeste
2017	3	11	17	2,00	Norte
2017	3	11	18	2,40	Oeste
2017	3	11	19	2,90	Sur
2017	3	12	11	5,80	Sureste
2017	3	12	12	5,80	Sureste
2017	3	12	13	5,20	Este
2017	3	12	14	5,80	Norte
2017	3	12	15	5,10	Este
2017	3	12	16	5,00	Este
2017	3	12	17	5,30	Sur
2017	3	12	18	5,80	Norte
2017	3	12	19	5,40	Noroeste
2017	3	13	11	4,20	Este
2017	3	13	12	4,20	Este
2017	3	13	13	4,00	Este
2017	3	13	14	4,40	Sureste
2017	3	13	15	4,10	Noreste
2017	3	13	16	4,30	Noroeste
2017	3	13	17	4,00	Norte
2017	3	13	18	4,40	Sur
2017	3	13	19	4,20	Este
2017	3	14	11	4,50	Este
2017	3	14	12	4,50	Este
2017	3	14	13	3,90	Sur
2017	3	14	14	4,50	Sureste
2017	3	14	15	3,80	Noroeste
2017	3	14	16	4,00	Sureste
2017	3	14	17	3,70	Norte
2017	3	14	18	4,00	Sur
2017	3	14	19	4,50	Oeste

Fuente: Estación meteorológica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 60. Datos utilizados en la generación de las rosas de vientos de la tercera repetición.

Año	Mes	Día	Hora	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento
2017	4	25	11	5,20	Norte
2017	4	25	12	5,20	Norte
2017	4	25	13	4,00	Norte
2017	4	25	14	5,90	Oeste
2017	4	25	15	5,40	Oeste
2017	4	25	16	5,90	Sur
2017	4	25	17	5,20	Oeste
2017	4	25	18	5,00	Norte
2017	4	25	19	5,90	Norte
2017	4	26	11	4,20	Este
2017	4	26	12	4,20	Este
2017	4	26	13	3,80	Oeste
2017	4	26	14	4,20	Norte
2017	4	26	15	3,40	Sureste
2017	4	26	16	4,00	Sur
2017	4	26	17	4,00	Norte
2017	4	26	18	3,90	Oeste
2017	4	26	19	4,20	Norte
2017	4	27	11	3,20	Oeste
2017	4	27	12	3,20	Oeste
2017	4	27	13	3,00	Noroeste
2017	4	27	14	3,80	Norte
2017	4	27	15	3,00	Sur
2017	4	27	16	3,80	Este
2017	4	27	17	3,80	Oeste
2017	4	27	18	3,10	Sur
2017	4	27	19	3,80	Norte
2017	4	28	11	4,20	Sur
2017	4	28	12	4,20	Sur
2017	4	28	13	4,00	Sureste
2017	4	28	14	3,50	Norte
2017	4	28	15	4,20	Norte
2017	4	28	16	3,20	Oeste
2017	4	28	17	3,70	Sur
2017	4	28	18	4,00	Norte
2017	4	28	19	4,20	Sur

Fuente: Estación meteorológica de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

ANEXO 3

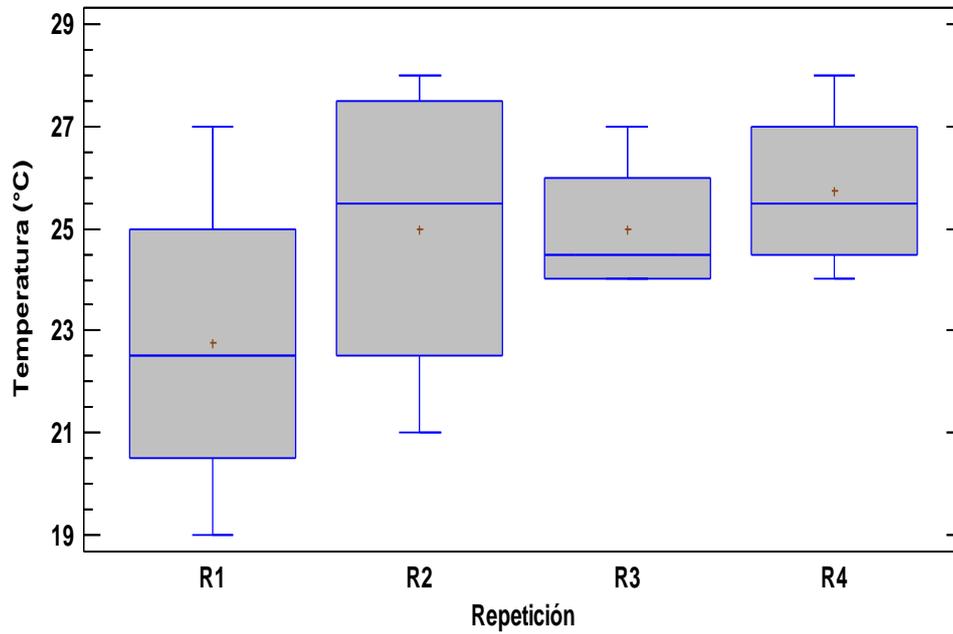


Figura 18. Gráfico de cajas y bigotes para la temperatura.

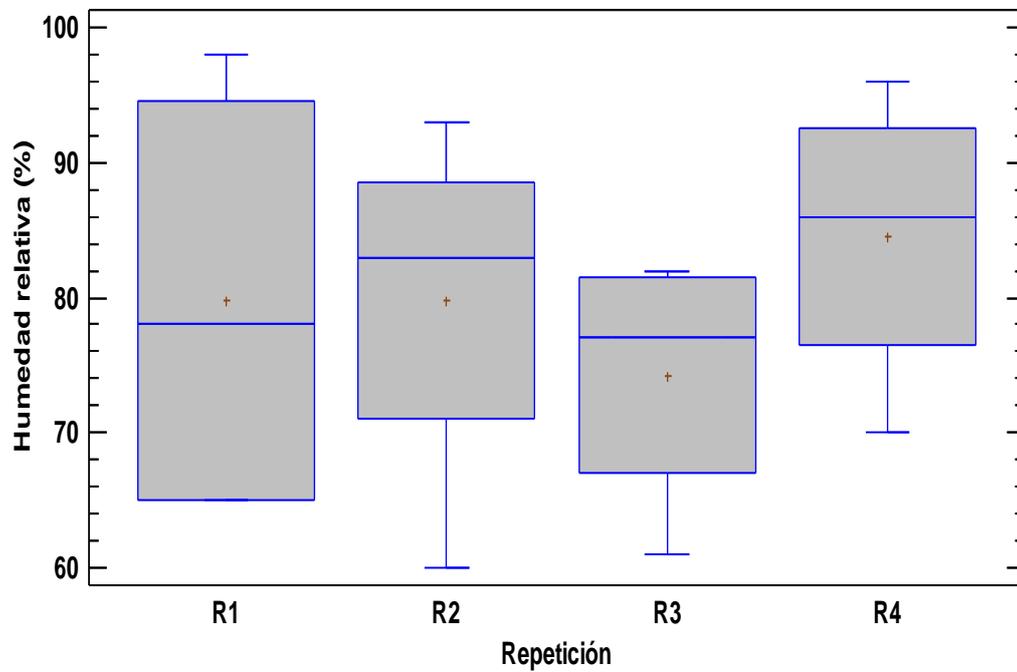


Figura 19. Gráfico de cajas y bigotes para la Humedad relativa.

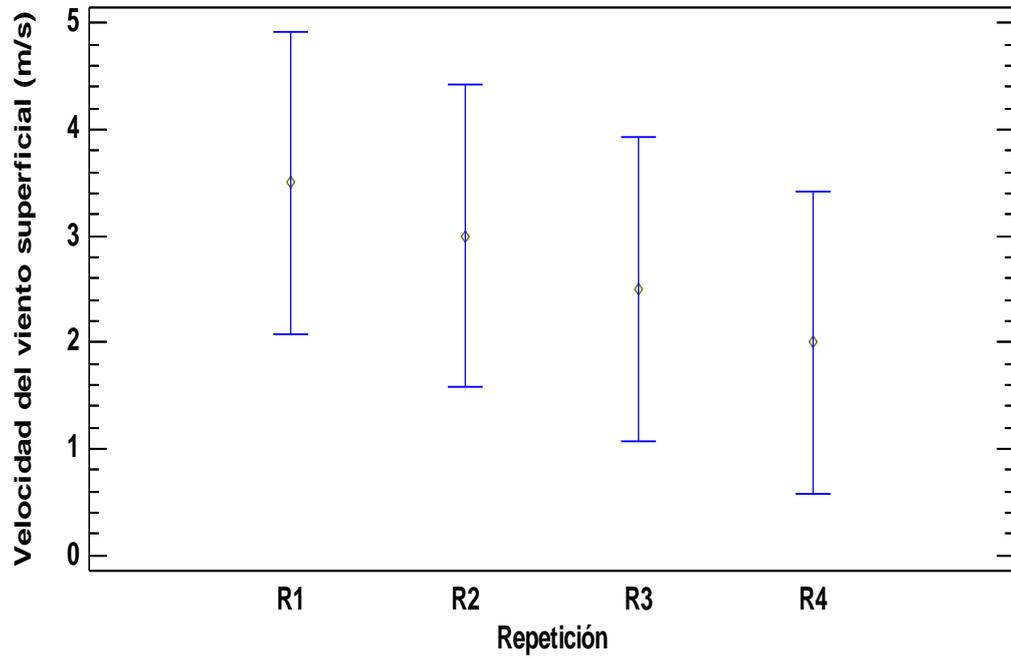


Figura 20. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

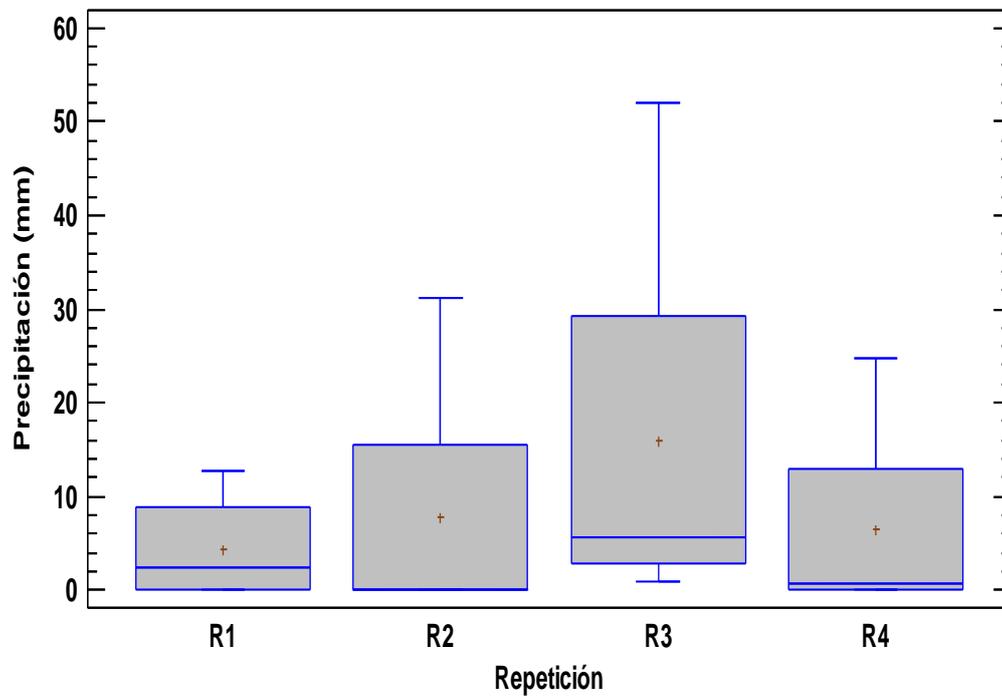


Figura 21. Gráfico de cajas y bigotes para la precipitación.

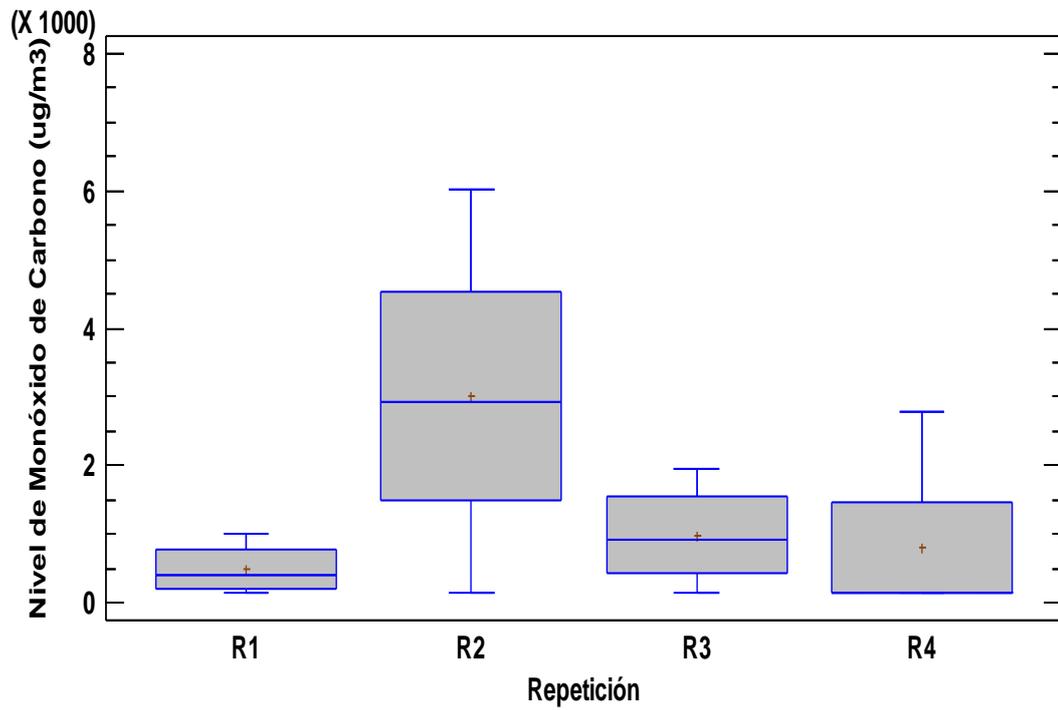


Figura 22. Gráfico de cajas y bigotes para el Nivel de Monóxido de Carbono.

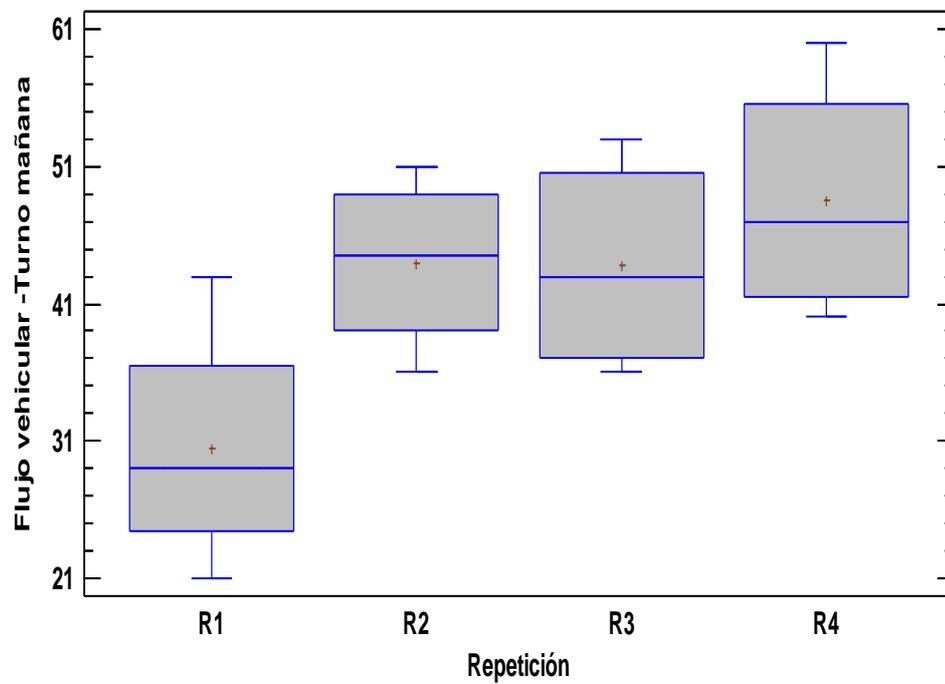


Figura 23. Gráfico de cajas y bigotes para el flujo vehicular – turno mañana.

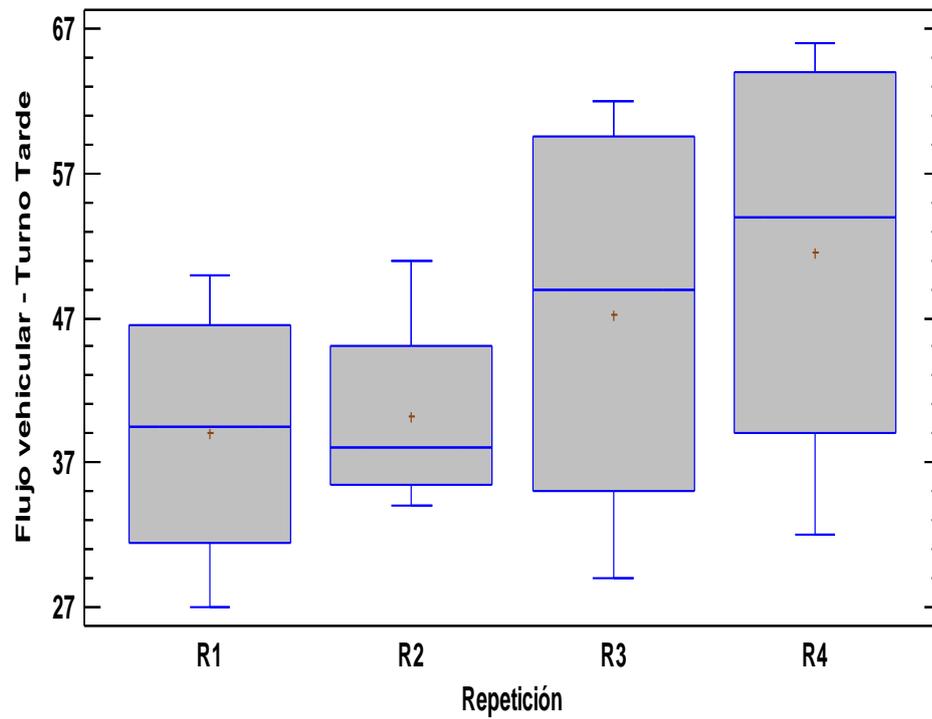


Figura 24. Gráfico de cajas y bigotes para el flujo vehicular – turno tarde.

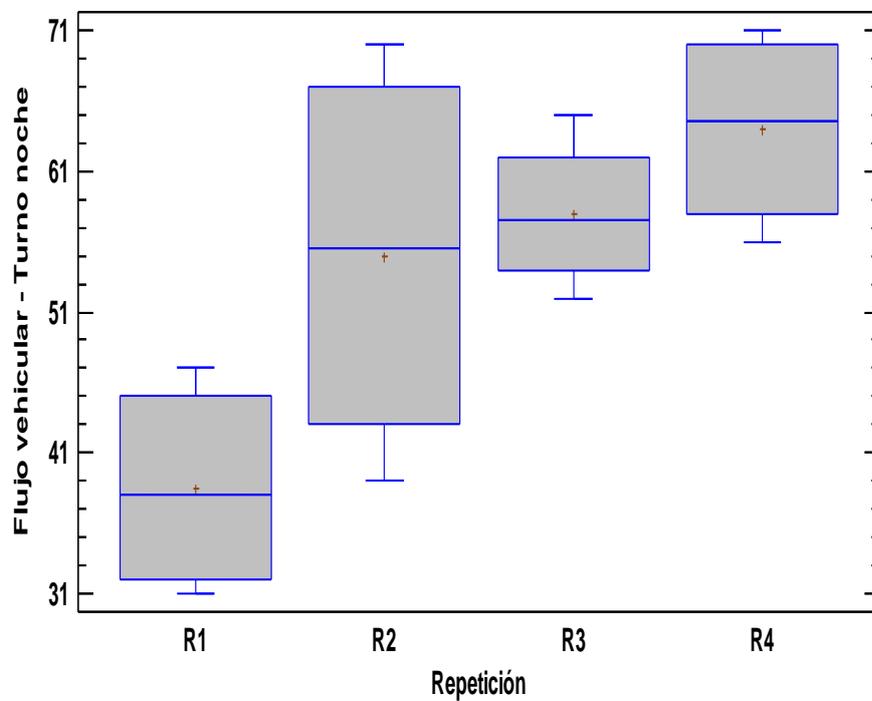


Figura 25. Gráfico de cajas y bigotes para el flujo vehicular – turno noche.

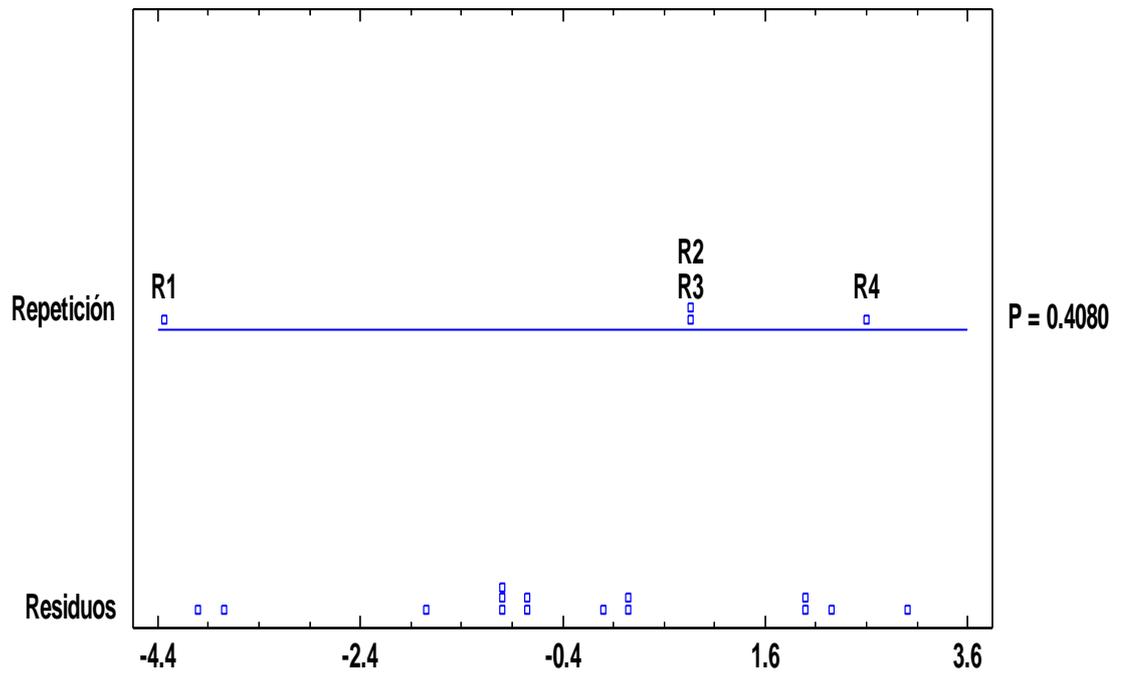


Figura 26. Gráfico para temperaturas del análisis de variancia.

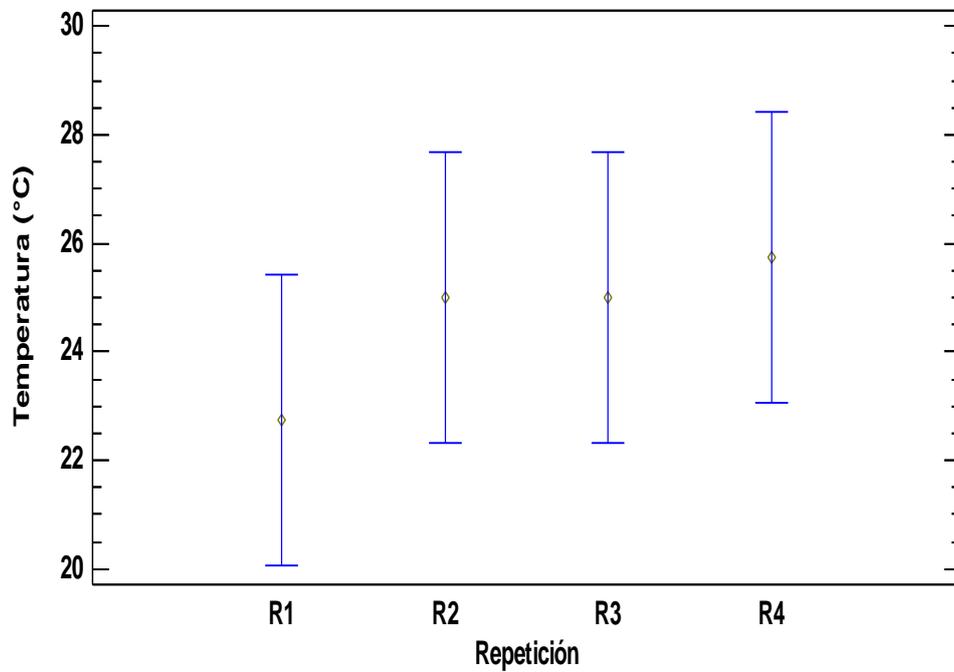


Figura 27. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

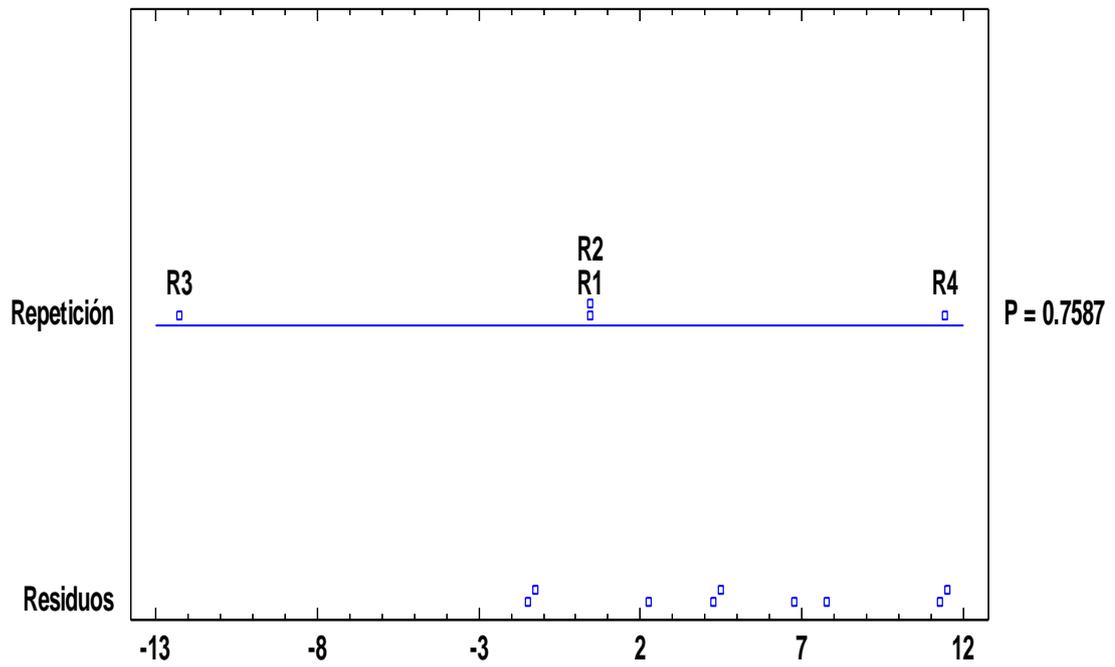


Figura 28. Gráfico para humedad relativa del análisis de variancia.

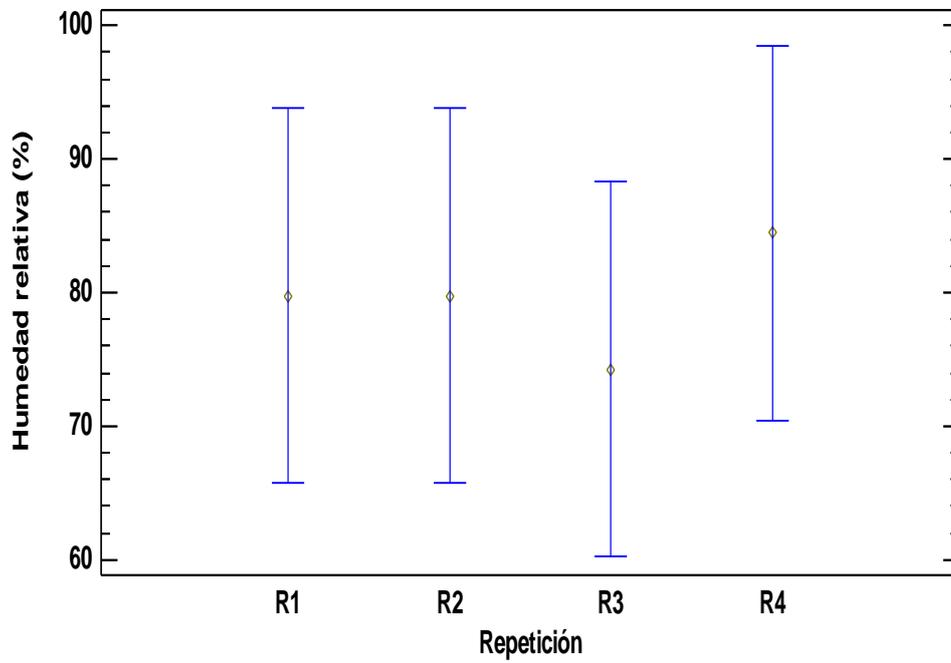


Figura 29. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

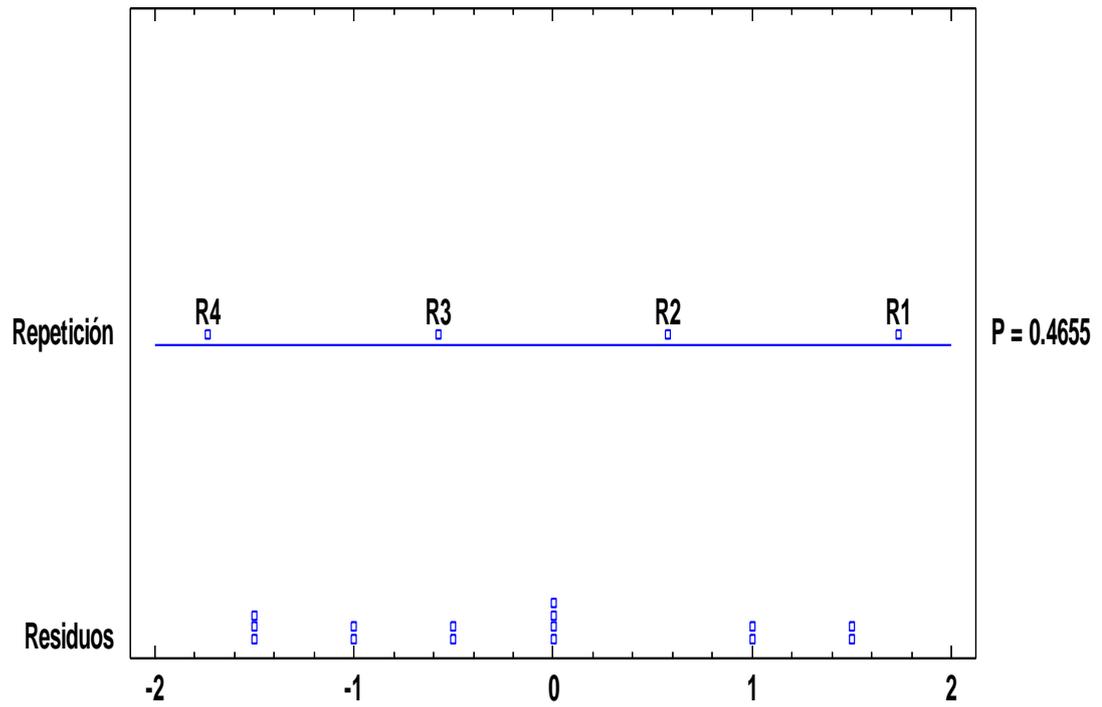


Figura 30. Gráfico para la velocidad del viento del análisis de variancia.

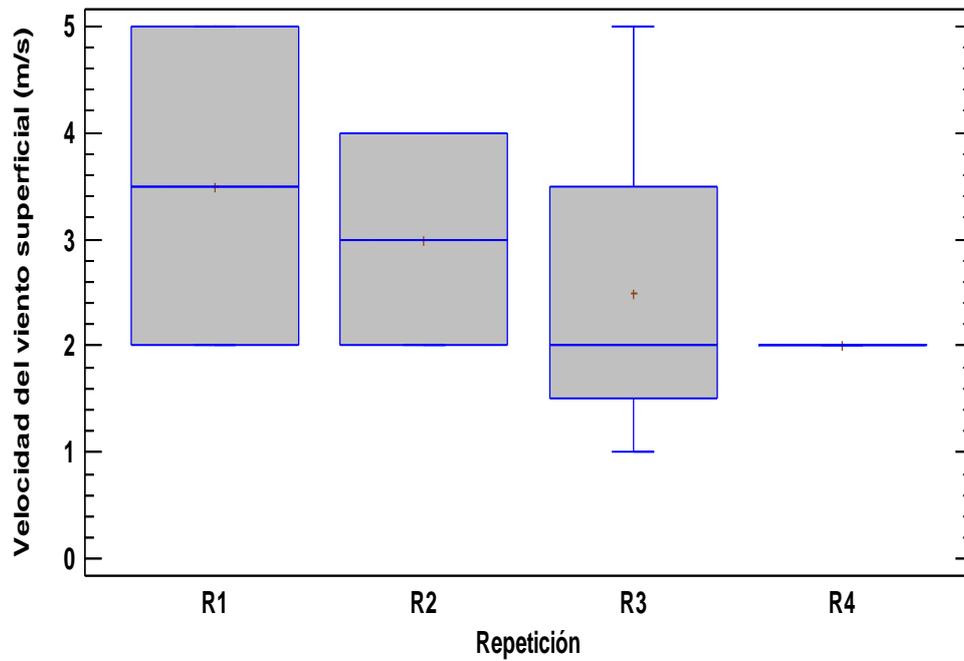


Figura 31. Gráfico de cajas y bigotes para la Velocidad del viento superficial.

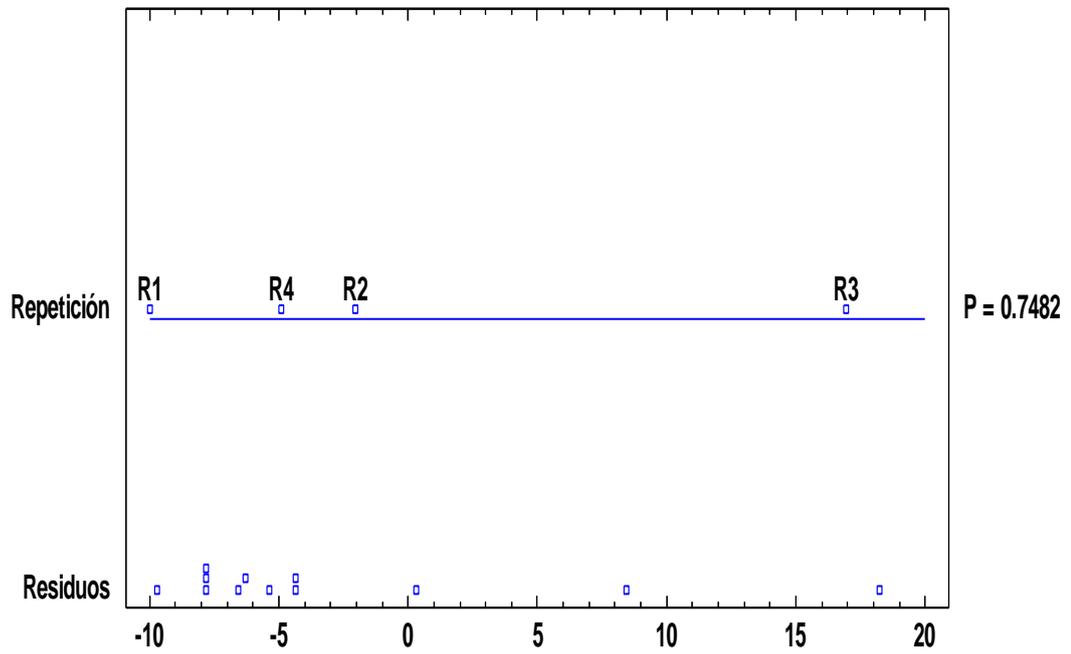


Figura 32. Gráfico para la precipitación del análisis de variancia.

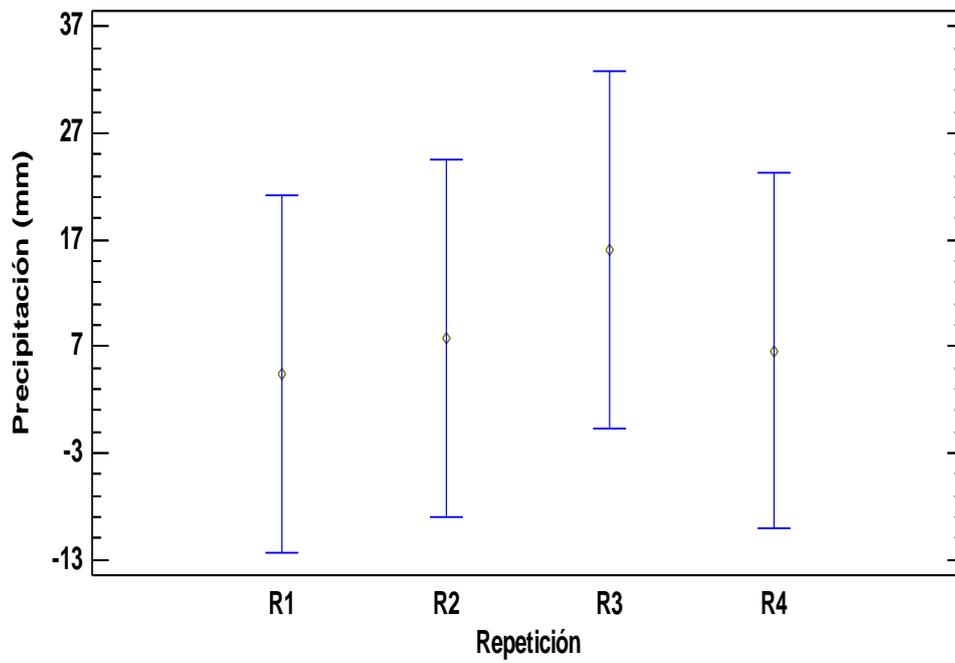


Figura 33. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

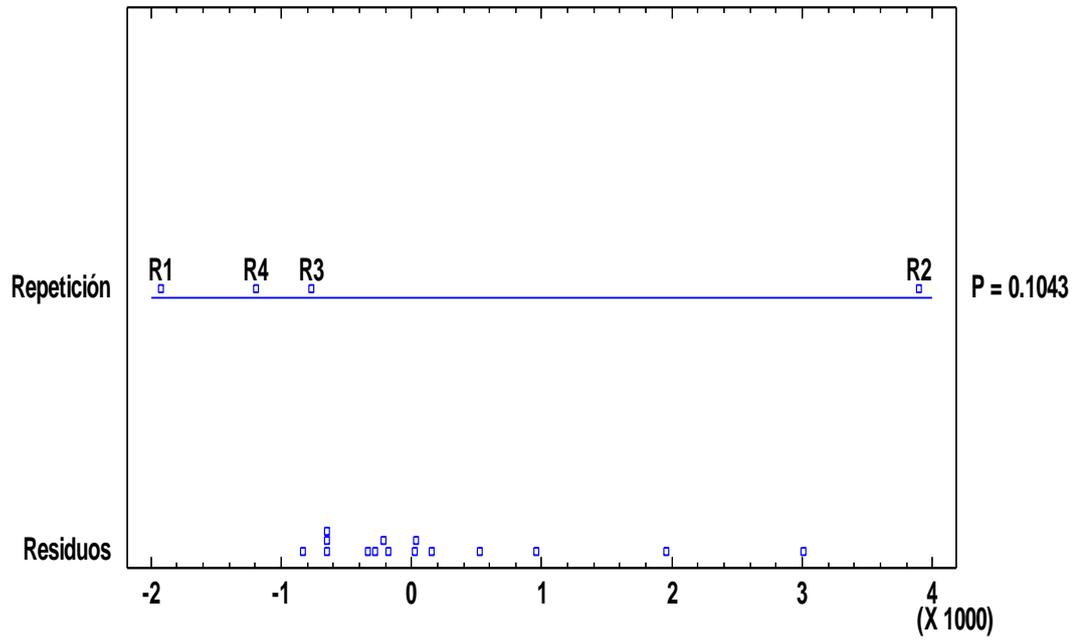


Figura 34. Gráfico para los niveles de monóxido de carbono del análisis de variancia.

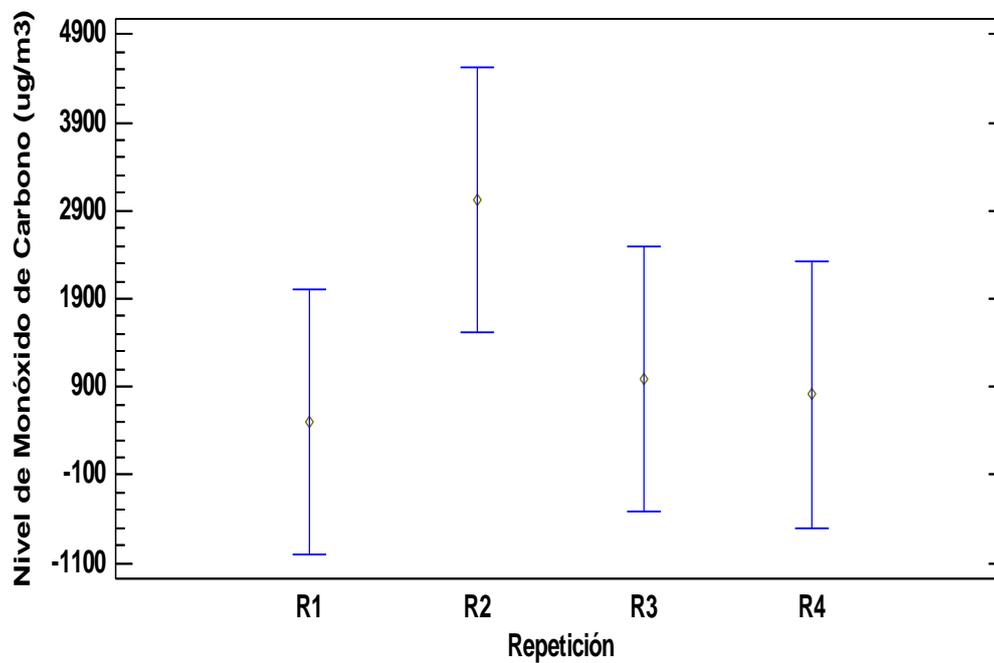


Figura 35. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

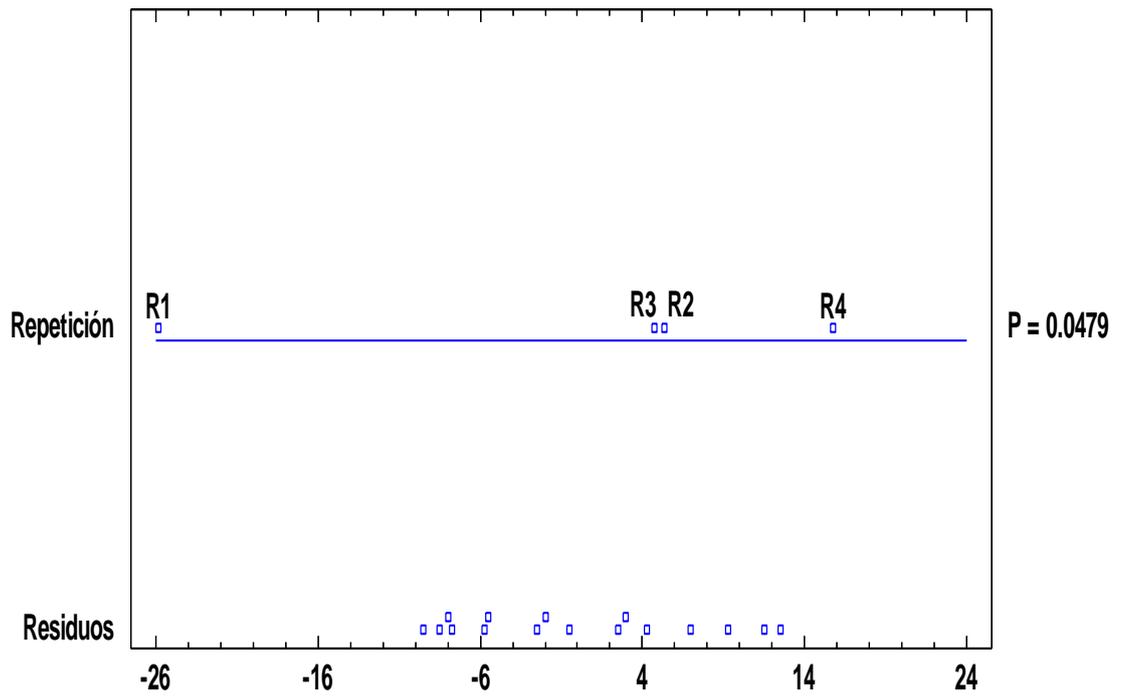


Figura 36. Gráfico para el flujo vehicular - turno mañana del análisis de variancia.

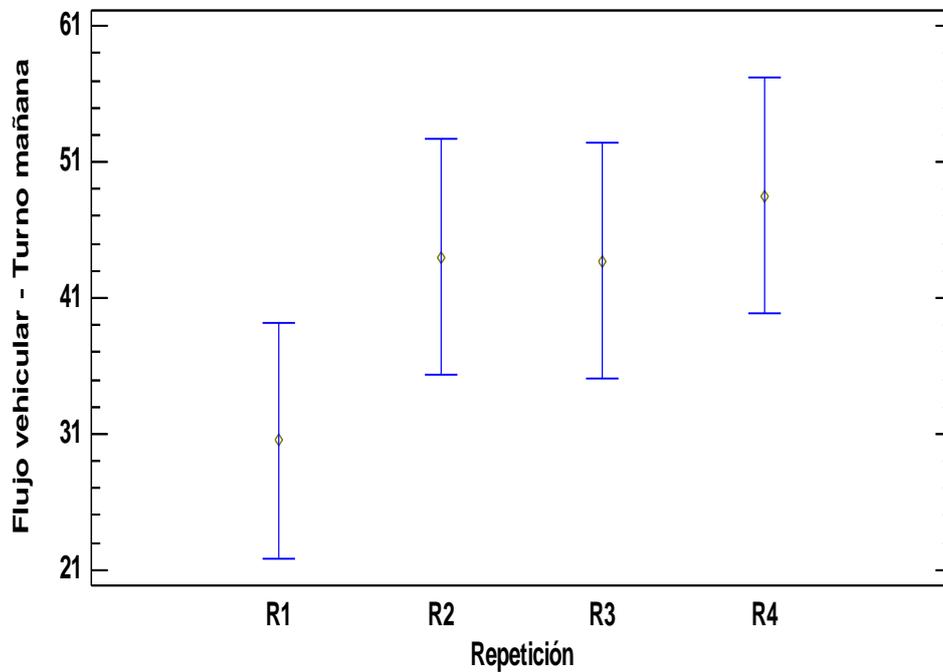


Figura 37. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

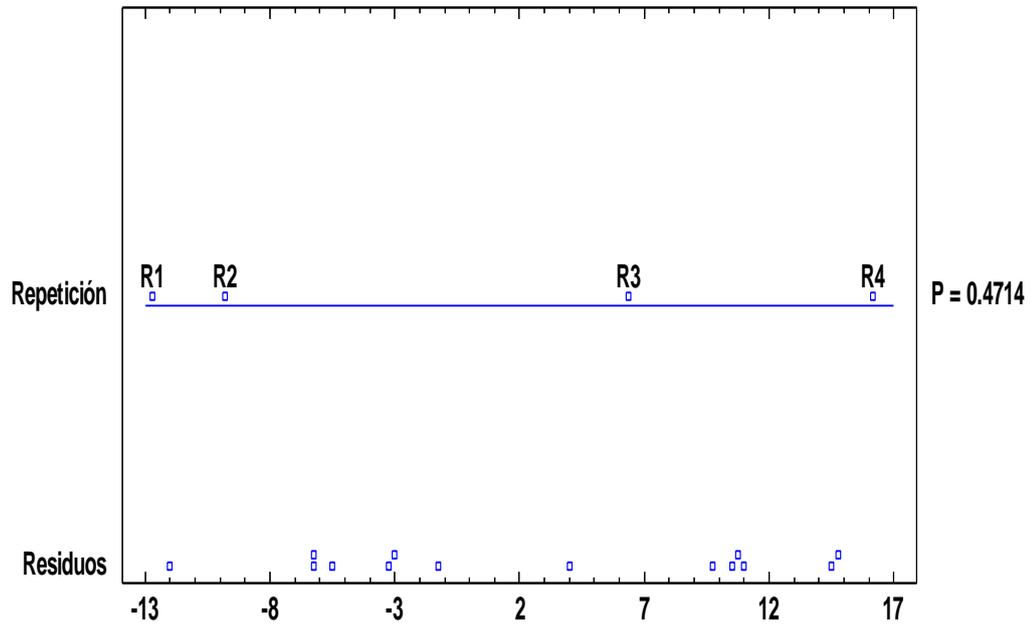


Figura 38. Gráfico para el flujo vehicular - turno tarde del análisis de variancia.

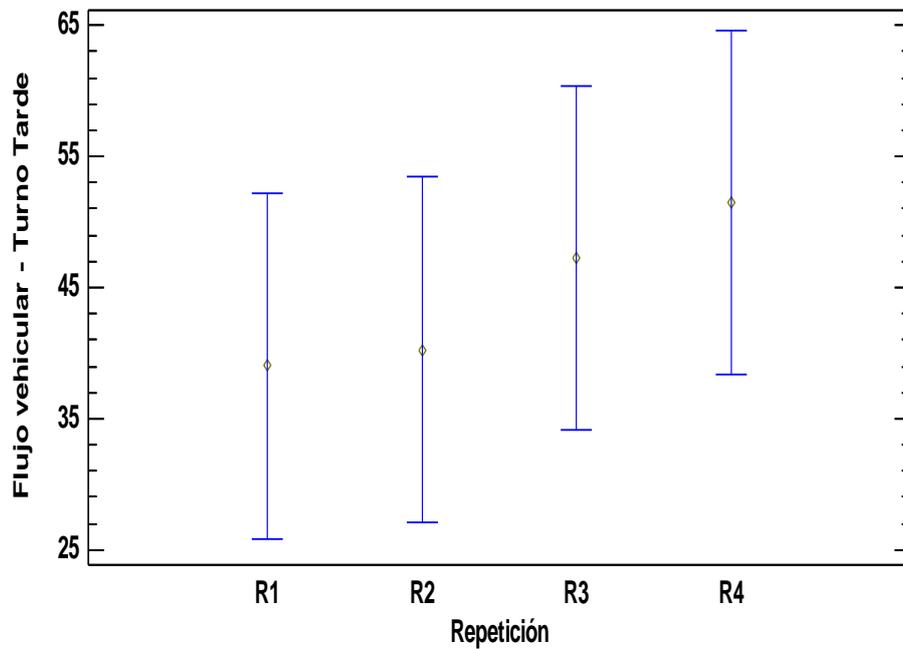


Figura 39. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

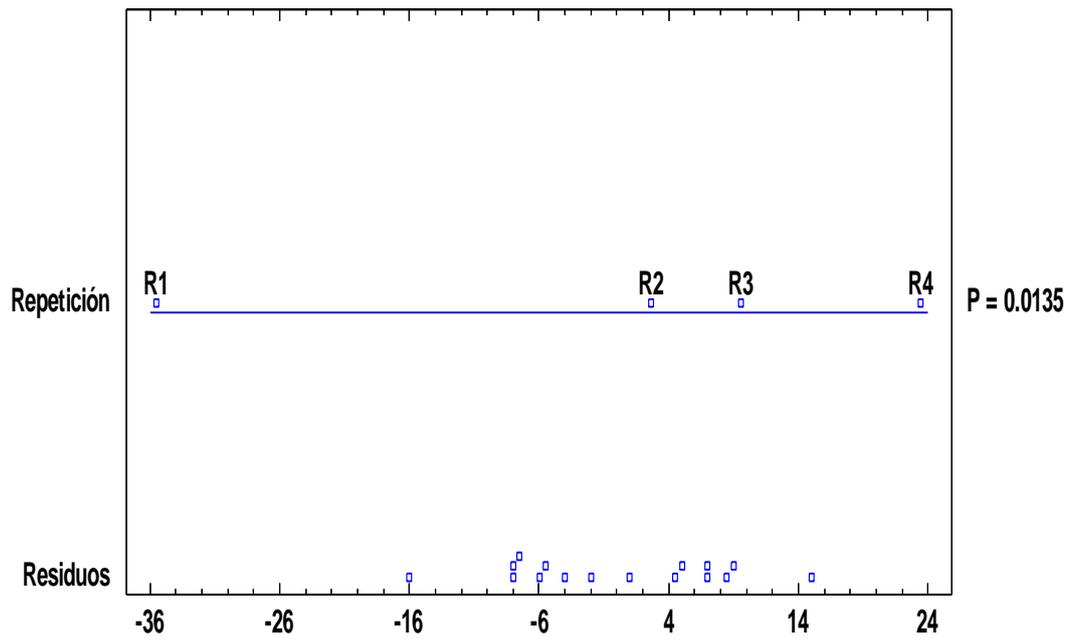


Figura 40. Gráfico para el flujo vehicular - turno noche del análisis de variancia.

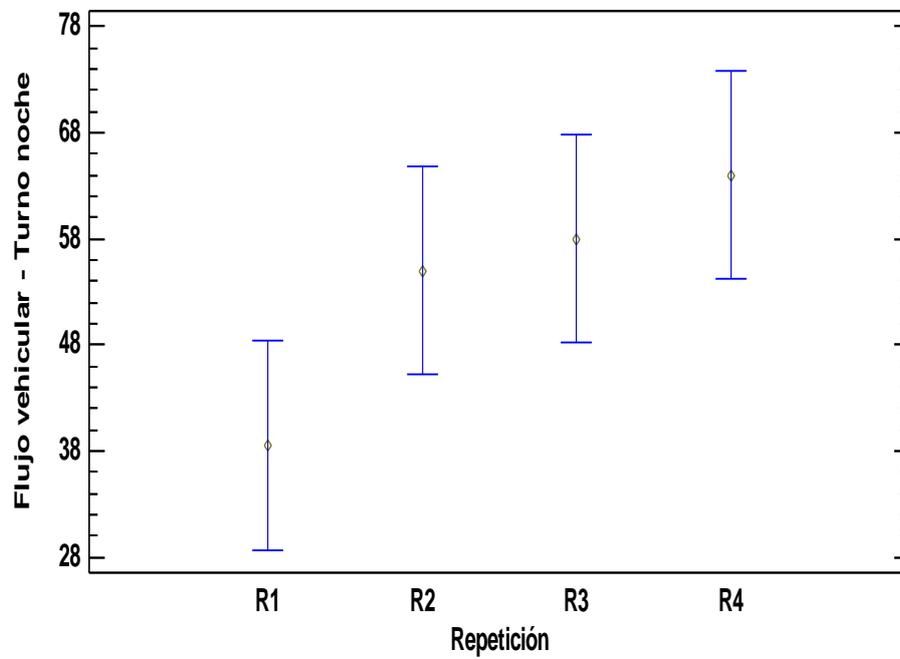


Figura 41. Intervalo de medias al 95 % de confianza de Tukey HSD.

ANEXO 4

Figura 42. Medición del flujo vehicular en el primer punto de muestreo, ubicado en dirección a la entrada de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. CUTM: 389702,9747 E – 8971757,357 N.



Figura 43. Evaluación de los niveles de CO en el primer punto de muestreo, ubicado en dirección a la entrada de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. CUTM: 389702,9747 E – 8971757,357 N.



Figura 44. Medición del flujo vehicular en el segundo punto de muestreo, ubicado en la primera cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 389948,2107 E – 8971634,797 N.



Figura 45. Evaluación de los niveles de CO en el segundo punto de muestreo, ubicado en la primera cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 389948,2107 E – 8971634,797 N.



Figura 46. Medición del flujo vehicular en el tercer punto de muestreo, ubicado en la tercera cuadra de la Av. Tito Jaime Fernández. CUTM: 389982,8715 E – 8971949,542 N.



Figura 47. Evaluación de los niveles de CO en el tercer punto de muestreo, ubicado en la tercera cuadra de la Av. Tito Jaime Fernández. CUTM: 389982,8715 E – 8971949,542 N.



Figura 48. Medición del flujo vehicular en el cuarto punto de muestreo, ubicado en la última cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 390355,4838 E – 8972034,977 N.



Figura 49. Evaluación de los niveles de CO en el cuarto punto de muestreo, ubicado en la última cuadra de la Av. Antonio Raymondi. CUTM: 390355,4838 E – 8972034,977 N.



Figura 50. Calibración de los caudales del tren de muestreo.



Figura 51. Tren de muestreo.



Figura 52. Evaluación de los niveles de CO en el cuarto punto de muestreo.



Figura 53. Preparación del blanco de muestra.



Figura 54. Muestras de monóxido de carbono de los puntos de muestreo.



Figura 55. Medición de la velocidad y dirección del viento en el primer punto de muestreo.

INFORME DE ENSAYO N° 170304 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : **ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN**
 Dirección : **Asoc. Vivienda Buenos Aires Mz K Ll 13 - Afllador**
 Solicitado Por : **ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN**
 Referencia : **Coltización N° 148-17**
 Proyecto : **Tesis - "Niveles de Monóxido de Carbono en el Aire, En la Ciudad de Tingo María - Huanuco"**
 Procedencia : **Tingo María - Huanuco**
 Muestreo Realizado Por : **ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN**
 Cantidad de Muestra : **5**
 Producto : **Calidad de Aire**
 Fecha de Recepción : **2017/01/30**
 Fecha de Ensayo : **2017/01/30**
 Fecha de Emisión : **2017/02/04** al **2017/02/04**

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	170304-01	170304-02	170304-03	170304-04	170304-05
Código de Cliente	P1	P2	P3	P4	BK
Fecha de Muestreo	25/01/2017	26/01/2017	27/01/2017	28/01/2017	NO INDICA
Hora de Muestreo (h)	11:00 - 19:00	11:00 - 19:00	11:00 - 19:00	11:00 - 19:00	NO INDICA
Tipo de Producto	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Tipo Ensayo	Unidad L.C.M. Resultados				
Solución - captadora					
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	µg/m ³	156	531	1018	277
				<156	<156

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<*" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado **"> = Resolución cuantificable, "..." = No Analizado.

II - Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Soluciones Captadoras		
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la atmósfera en µg/m ³	IQ-LAB-47 Validado según ETL-20160523	Referenciado en: Analysis of Air Pollutants* 1980 Peter O. Warner

SIGLAS: ETL* Método Validado
"IQ" Instructivo de Laboratorio

III - Observaciones

Solución captadora, proporcionado por el cliente

Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **

FD-LAB-54
F.E.: 04/09
F.R.: 7/04/16

Página 1 de 1

Figura 56. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la primera repetición.

INFORME DE ENSAYO N° 170463

Nombre del Cliente : ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN
 Dirección : Asoc. Vivienda Buenos Aires Mz. K Ll. 13 - Tingo María
 Solicitado Por : Sr. Alain René Fonseca Andrianzen
 Referencia : Coltización N° 510-17
 Proyecto : Tesis "Niveles de Monóxido de Carbono en el aire, en la Ciudad de Tingo María"
 Procedencia : Tingo María - Huánuco
 Muestreo Realizado Por : ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN
 Cantidad de Muestra : 5
 Producto : Calidad de Aire
 Fecha de Recepción : 2017/02/20
 Fecha de Ensayo : 2017/02/20
 Fecha de Emisión : 2017/02/27 al 2017/02/27

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	170463-01	170463-02	170463-03	170463-04	170463-05
Código de Cliente	PO1	PO2	PO3	P4	Bv
Fecha de Muestreo	16/02/2017	17/02/2017	18/02/2017	19/02/2017	19/02/2017
Hora de Muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00	No Indica
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0889702 N 8971634	E 0889948 N 8971634	E 0889962 N 8971949	E 0889702 N 8971634	E 0880355 N 8972034
Tipo de Producto	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados				
Solución - captadora							
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	µg/m ³	156	3040	6023	2838	<156	<156

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"/>

II - Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Soluciones Captadoras		
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la atmósfera en µg/m ³	IQ-LAB-47 Validado según ETL-20160523	Referenciado en: Analysis of Air Pollutants 1980 Peter O. Warner

SIGLAS: "ETL" Método Validado
"IQ" Instructivo de Laboratorio

III - Observaciones

Solución captadora, proporcionado por el cliente

IQ-LAB-206
P.E. - May 16
P.R.: 0

Página 1 de 2

Figura 57. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la segunda repetición.

INFORME DE ENSAYO N° 171236

Nombre del Cliente : ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN
Dirección : Asoc. Vivienda Buenos Aires Mz k LL13
Solicitado Por : ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN
Referencia : Cotización N.° 597-17
Proyecto : Determinación de Niveles de Monóxido de Carbono en la Ciudad de T.M
Procedencia : Tingo María - Huánuco
Muestreo Realizado Por : ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN
Cantidad de Muestra : 5
Producto : Calidad de Aire
Fecha de Recepción : 2017/05/02
Fecha de Ensayo : 2017/05/02 al 2017/05/08
Fecha de Emisión : 2017/05/08

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	171236-01	171236-02	171236-03	171236-04	171236-05
Código de Cliente	P1	P2	P3	P4	Bv
Fecha de Muestreo	28/04/2017	29/04/2017	28/04/2017	29/04/2017	NO INDICA
Hora de Muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00	NO INDICA
Tipo de Producto	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados				
Solución - captadora							
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	µg/m³	156	<156	2770	<156	<156	<156

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método. "<*" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado. "ND" = Resolución cuantificable, "-" = No Analizado.

II - Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Soluciones Captadoras		
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la atmósfera en µg/m³	IQ-LAB-47 Validado según ETL-20160523	Referenciado en: Analysis of Air Pollutants* 1980 Peter C. Warner

SIGLAS: "IQ" Instructivo de Laboratorio
"ETL" Método Validado

III - Observaciones

Solución captadora proporcionada por el cliente.

Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **

FQ-LAB-206
F.E. May 16
P.R. 0

Página 1 de 1

Figura 58. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la tercera repetición.

INFORME DE ENSAYO N° 170931

Nombre del Cliente : **ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN**
Dirección : **Asoc. Vivienda Buenos Aires Mz k L1.13**
Solicitado Por : **ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN**
Referencia : **Colización N° 552-17**
Proyecto : **Determinación de Niveles de Monóxido de Carbono en la Ciudad de T.M**
Procedencia : **Tingo María - Huánuco**
Muestreo Realizado Por : **ALAIN RENE FONSECA ADRIANZEN**
Cantidad de Muestra : **5**
Producto : **Calidad de Aire**
Fecha de Recepción : **2017/03/16**
Fecha de Ensayo : **2017/03/16** al **2017/03/21**
Fecha de Emisión : **2017/03/21**

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	170931-01	170931-02	170931-03	170931-04	170931-05
Código de Cliente	P1	P2	P3	P4	By
Fecha de Muestreo	11/03/2017	12/03/2017	13/03/2017	14/03/2017	NO INDICA
Hora de Muestreo (h)	11:00	11:00	11:00	11:00	NO INDICA
Tipo de Producto	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Tipo Ensayo	Resultados				
Solución - captadora	Unidad	L.C.M.			
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO)	µg/m ³	156	715	1953	1149 <156 <156

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<*" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado *ND" = Resolución cuantificable, "-" = No Analizado.

II - Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Soluciones Captadoras		
Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono (CO) en la atmósfera en µg/m ³	IQ-LAB-47 Validado según ETL-20160523	Referenciado en: Analysis of Air Pollutants 1980 Peter O. Warner

SIGLAS: "IQ" Instructivo de Laboratorio
"ETL" Método Validado

III - Observaciones

Solución captadora proporcionada por el cliente.

Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 687

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **

FO-LAB-206
F.E.: May 16
F.R.: 0

Página 1 de 1

Figura 59. Informe de ensayo con los datos de niveles de CO en los cuatro puntos de muestreo en la ciudad de Tingo María en la cuarta repetición.