

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**Influencia de la altura de toma de muestra y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín - 2014**

**Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales**

**AUTOR:**

**Santos Clemente Herrera Díaz**

**ASESOR:**

**Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge**

**Tarapoto - Perú**

**2019**





Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**Influencia de la altura de toma de muestra y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín - 2014**

**Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales**

**AUTOR:**

**Santos Clemente Herrera Díaz**

**ASESOR:**

**Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge**

**Tarapoto - Perú**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**



**Influencia de la altura de toma de muestra y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín - 2014**

**Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Ambientales**

**AUTOR:**

**Santos Clemente Herrera Díaz**

**ASESOR:**

**Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge**

**Tarapoto - Perú**

**2019**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

## ESCUELA DE POSGRADO

### PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



**Influencia de la altura de toma de muestra y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín - 2014**

**AUTOR:**

**Santos Clemente Herrera Díaz**

**Sustentada y aprobada el día 01 de abril del 2019, por los siguientes jurados:**

.....  
**Dr. Winston Franz Ríos Ruíz**

**Presidente**

.....  
**Dr. Mario Pezo González**

**Secretario**

.....  
**Dr. Luis Alberto Laveau Guerra**

**Miembro**

.....  
**Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge**

**Asesor**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

## ESCUELA DE POSGRADO

### PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



**Influencia de la altura de toma de muestra y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín - 2014**

**El suscrito declara que el presente trabajo de tesis es original, en su contenido y forma.**

.....  
**Ing. M. Sc. Santos Clemente Herrera Díaz**

**Ejecutor**

.....  
**Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge**

**Asesor**

## **Declaratoria de autenticidad**

**Santos Clemente Herrera Díaz**, con DNI N° 27409649, egresado de la Escuela de Posgrado, Programa de Doctorado en Gestión Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la Tesis titulada: **Influencia de la altura de toma de muestra y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín – 2014.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción se ha realizado respetando las citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La información plasmada en esta tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado asumo la responsabilidad y las consecuencias que de mi accionar deriven, sometiéndome a las normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto 01 de abril del 2019.



.....  
**Ing. M. Sc. Santos Clemente Herrera Díaz**

DNI N° 27409649



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: <b>HERRERA DÍAZ SANTOS CLEMENTE</b>
Código de alumno : _____ Teléfono: <b>948909226</b>
Correo electrónico : <b>santos.herrera@gmail.com</b> DNI: <b>27409649</b>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: <b>ESCUELA DE POSGRADO</b>
Escuela Profesional de: <b>PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES</b>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis <input checked="" type="checkbox"/> Trabajo de investigación <input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional <input type="checkbox"/>

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título: <b>Influencia de la altura y las estaciones del año en la calidad del aire de la población de Segunda Jerusalén, Rioja, San Martín - 2014</b>
Año de publicación: <b>2019</b>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público * <input checked="" type="checkbox"/> Embargo <input type="checkbox"/>
Acceso restringido ** <input type="checkbox"/>

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.




Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

07 / 05 / 2019



Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

*A Dios todopoderoso; a mi querida esposa, María Elizabeth Ramos Gálvez; a mis queridos hijos, Mercy Berkley, Harley Jhunion, Kathery Jazmín y Greysi Areli Herrera Ramos; a mis padres Flavio Herrera Tenorio y mi madre, Justina Díaz Arévalo; a los amigos y personas que de una u otra manera siempre me han brindado su apoyo para seguir adelante en mis estudios y ser un profesional de éxito en la vida.*

***Santos Clemente Herrera Díaz***

## **Agradecimiento**

*A mis padres por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.*

*A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Martín-T, por su valiosa contribución en mi formación profesional.*

*A mi asesor, al Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge, por su constante orientación.*

*Al prof. Cesar Castañeda Alvites, por su valioso apoyo.*

*A todos mis familiares y amigos por su colaboración y apoyo desinteresado que me dieron el ánimo para cumplir con el presente proyecto.*



## Índice general

	Pág.
Dedicatoria.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Índice general.....	ix
Índice de tablas .....	xii
Índice de figuras.....	xv
Resumen. ....	xvii
Abstract... ..	xviii
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I .....	 3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1. Antecedentes de estudio .....	3
1.2. La Atmósfera .....	6
1.3. Contaminación Atmosférica .....	7
1.4. Variables de estudio .....	7
1.5. Fuentes de Contaminación Atmosférica.....	9
1.6. Gestión de la Calidad del Aire .....	19
1.7. Normas de Calidad del Aire.....	20
1.8. Estándares de Calidad Ambiental .....	22
1.9. Política Nacional del Ambiente .....	26
1.10. Medición de la calidad del aire .....	27
1.11. Definición de objetivos de monitoreo .....	28
1.12. Localización de los sitios de muestreo .....	28
1.13. Número de puntos de muestreo sugerido por la Organización Mundial de la Salud-OMS .....	30
1.14. Equipos para medición de contaminantes de partículas y gases .....	30
1.15. Criterios de selección de equipos de medición .....	31
 CAPÍTULO II.....	 38
MATERIALES Y MÉTODOS .....	38
2.1. Materiales y equipos.....	38
2.1.1 Materiales .....	38

2.1.2 Equipos .....	39
2.2. Metodología .....	39
2.2.1. Operacionalización de variables de estudio.....	39
2.2.2. Selección de sitios de muestreo .....	40
2.2.3. Ubicación del proyecto de investigación.....	40
2.2.4. Parámetros de monitoreo .....	40
2.2.5. Número de puntos de muestreo.....	41
2.2.6. Ubicación de puntos de muestreo .....	41
2.2.7. Tiempo de estudio .....	42
2.2.8. Frecuencia de muestreos.....	42
2.2.9. Tiempo de toma de muestras para Material Particulado PM <sub>2.5</sub> .....	43
2.2.10. Selección del equipo de muestreo .....	43
2.2.11. Principio de muestreo de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Época de verano - 2015.....	43
2.2.12. Tiempo y muestreo de gases con equipo Tren de Muestreo. Época de verano -2015.....	44
2.2.13. Muestreo de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . época de invierno-2016 .....	45
2.2.14. Muestreo de gases época de invierno-2016 .....	45
2.3. Procedimiento de muestreo de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> .....	46
2.4. Técnicas de análisis de muestras de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> .....	48
2.5. Métodos de referencia para gases: SO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> y CO .....	48
2.6. Esquema metodológico de monitoreo .....	49
2.7. Parámetros meteorológicos.....	50
2.8. Evaluación de impactos ambientales potenciales .....	50
CAPÍTULO III.....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	52
3.1. Resultados.....	52
3.1.1. Fuentes de generación de contaminantes atmosféricos .....	52
3.1.2. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de verano -2015-Primera Repetición .....	52
3.1.3. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de verano -2015.Segunda Repetición .....	58

3.1.4. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de invierno-2016. Primera Repetición .....	63
3.1.5. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de invierno-2016. Segunda Repetición .....	67
3.1.6. Resultados de nivel de concentración promedio de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Época de verano para ambas repeticiones-2015 .....	71
3.1.7. Resultados del nivel de concentración promedio de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Época de invierno para ambas repeticiones-2016.....	72
3.1.8. Resultados de parámetros climatológicos .....	73
3.1.9. Resultados del nivel de concentración promedio de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> , épocas de verano e invierno 2015-2016 .....	82
3.1.10. Resultados de promedio finales del nivel de concentración de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> , épocas de verano e invierno 2015-2016.....	84
3.1.11. Resultados de los promedios finales de los gases para épocas de verano e invierno-2015-2016 .....	85
3.1.12. Resultados de contaminación atmosférica comparado con el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) .....	86
3.1.13. Análisis Univariante .....	92
3.1.14. Análisis de Varianza .....	96
3.1.15. Evaluación de Impacto Ambiental Potencial .....	100
3.1.16. Medidas de control, mitigación y prevención .....	106
CONCLUSIONES .....	114
RECOMENDACIONES .....	115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
ANEXOS.....	121
ANEXO I: Glosario de términos .....	122
ANEXO II: Mapa ubicación del distrito Elías Soplin Vargas .....	128
ANEXO III: Plano de ubicación de puntos de monitoreo Segunda Jerusalén .....	129
ANEXO IV: Monitoreo de calidad de aire de material particulado PM <sub>2.5</sub> .....	130
ANEXO V: Vistas fotográficas .....	132
ANEXO VI: Guía del proceso de análisis de varianza (ANOVA).....	137
ANEXO VII: Resultados de análisis de laboratorio .....	141

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Origen de los contaminantes atmosféricos .....	10
Tabla 2. Efectos en la salud humana por exposición a material particulado de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> .....	16
Tabla 3. Límites de concentración de contaminantes del aire de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> vigentes en algunos países de las Américas establecidos por la OMS .....	20
Tabla 4. Niveles de Concentración de parámetros y fundamento propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS).....	21
Tabla 5. Estándares de Calidad Ambiental de Aire .....	24
Tabla 6. Niveles de estados de alerta por contaminación del aire .....	25
Tabla 7. Ejes de Política-Política Nacional del Ambiente .....	26
Tabla 8. Estrategia del monitoreo atmosférico .....	27
Tabla 9. Altura de muestreo atmosférico .....	29
Tabla 10. Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas de población determinada. OMS .....	30
Tabla 11. Características del equipo Alto Volumen .....	33
Tabla 12. Lista de Métodos de pruebas de fuentes aprobadas.....	35
Tabla 13. Valores del Índice de Calidad del Aire (INCA).....	36
Tabla 14. Valores del Índice de Calidad del Aire .....	37
Tabla 15. Operacionalización de variables.....	40
Tabla 16. Ubicación de puntos de muestro .....	42
Tabla 17. Tiempo de muestreo de material particulado época de verano-octubre- noviembre-2015 .....	43
Tabla 18. Tiempo y muestreo de gases-época de verano-octubre-nov-2015 .....	44
Tabla 19. Tiempo y Muestreo de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Época de invierno-2016. 45	45
Tabla 20. Tiempo y muestreo de gases-época de invierno-mayo-2016.....	46
Tabla 21. Valoración escalar de impactos ambientales potenciales .....	51
Tabla 22. Fuentes de generación de contaminantes.....	52
Tabla 23. Resultados del análisis del peso de partículas PM <sub>2.5</sub> para la época de verano -2015. Primera Repetición.....	54
Tabla 24. Métodos de referencia de análisis de gases.....	55



Tabla 25. Resultado Nivel de concentración de gases - Época de verano-2015. Primera repetición .....	56
Tabla 26. Comparación con los ECAs nacionales-Época de verano-2015 .....	57
Tabla 27. Resultados del análisis del peso de partículas PM <sub>2.5</sub> para la época de verano -2015. Segunda Repetición.....	59
Tabla 28. Resultado del Nivel de concentración de gases-Época de verano-2015. Segunda repetición .....	61
Tabla 29. Comparación con los ECAs nacionales-Época de verano-2015. Segunda repetición .....	62
Tabla 30. Resultados del análisis del peso de partículas PM <sub>2.5</sub> para la época de invierno -2016. Primera Repetición.....	64
Tabla 31. Resultado del Nivel de concentración de gases. Época de invierno-2016. Primera repetición .....	65
Tabla 32. Comparación con los ECAs nacionales-Época de invierno-2016.....	66
Tabla 33. Resultados del análisis del peso de partículas PM <sub>2.5</sub> para la época de invierno. Segunda Repetición.....	67
Tabla 34. Resultado del Nivel de concentración de gases. Época de invierno-2016- segunda repetición.....	69
Tabla 35. Comparación con los ECAs nacionales-Época de invierno-2016.....	70
Tabla 36. Promedios de concentración de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> -Epoca de verano -2015.....	71
Tabla 37. Promedios de concentración de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Época invierno - 2016.....	72
Tabla 38. Temperatura, época de verano-octubre. 2015 .....	73
Tabla 39. Registros de temperatura diaria, época de invierno-2016.....	74
Tabla 40. Temperatura promedio mensual años 2004-2016 .....	75
Tabla 41. Precipitación promedio diario, época de verano-2015 .....	76
Tabla 42. Precipitación promedio diario época de invierno-2016.....	77
Tabla 43. Frecuencia de datos dirección del viento, época de verano .....	78
Tabla 44. Porcentaje de frecuencia dirección del viento-2015.....	79
Tabla 45. Frecuencia de dirección y velocidad del viento- 2016 .....	80
Tabla 46. Porcentaje de Frecuencia Dirección del Viento-2016.....	80
Tabla 47. Frecuencia de dirección del viento años 2015-2016 .....	81

Tabla 48. Nivel de concentración promedio de Material Particulado $PM_{2.5}$ , épocas de verano e invierno 2015-2016.....	83
Tabla 49. Nivel de concentración promedio de MP, $PM_{2.5}$ para las épocas de verano e invierno-2015-2016.....	84
Tabla 50. Nivel de concentración promedio de gases para épocas de verano e invierno -2015-2016.....	85
Tabla 51. Cálculo de Índice de Calidad de Aire por contaminante .....	86
Tabla 52. Valores del Índice de Calidad del Aire .....	90
Tabla 53. Resumen estadístico $PM_{2.5}$ épocas de verano e invierno .....	95
Tabla 54. Resumen estadístico Monóxido de Carbono (CO) épocas de verano e invierno.....	96
Tabla 55. Datos obtenidos de medición de Material Particulado $PM_{2.5}$ y gases.....	97
Tabla 56. Datos de Supuestos de homogeneidad, para verano e invierno .....	97
Tabla 57. Datos de Prueba F, para heterocedastecidad .....	98
Tabla 58. Datos de Prueba de normalidad.....	98
Tabla 59. Datos de Prueba de efectos de inter-sujetos.....	99
Tabla 60. Ponderación de los impactos ambientales.....	103
Tabla 61. Matriz de evaluación del proceso de inmisión de partículas sobre los factores y componentes ambientales .....	104
Tabla 62. Matriz de significancia del proceso de inmisión de partículas sobre los factores y componentes ambientales .....	105
Tabla 63. Resultados sistematizados del peso de Material Particulado $PM_{2.5}$ , para las épocas de verano e invierno-2015-2016 .....	110
Tabla 64. Resultados sistematizados de gases $SO_2$ , $NO_2$ y CO, para las épocas de verano e invierno.....	101

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Emisión de contaminantes atmosféricos .....	11
Figura 2. Esquema general de contaminantes atmosféricos primarios y secundarios .....	12
Figura 3. Escala espacial y temporal de algunos contaminantes en atmosféricos.....	14
Figura 4. Dispersión de contaminantes atmosféricos con y sin inversión térmica .....	15
Figura 5. Impactos de sustancias seleccionadas que se emiten a la atmosfera y las relaciones entre ellas .....	16
Figura 6. Esquema de la Gestión de la Calidad del Aire.....	19
Figura 7. Equipo de muestreo de Alto Volumen Hi-Vol. ....	32
Figura 8. Tren de Muestreo .....	34
Figura 9. Papel filtrante .....	38
Figura 10. Tren de muestreo por soluciones.....	38
Figura 11. Equipo automático de muestreo tipo: Staplex- modelo PM10-2.....	39
Figura 12. Nivel de concentración de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Verano-2015. Primera Repetición.....	54
Figura 13. Nivel de concentración de gases de SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> . Verano-Primera repetición..	57
Figura 14. Nivel de concentración de gas CO. Verano Primera repetición .....	57
Figura 15. Nivel de concentración de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Verano Segunda Repetición.....	59
Figura 16. Nivel de concentración de gases de SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> . Verano -Segunda repetición ....	62
Figura 17. Nivel de concentración de gas CO. Época de Verano- Segunda repetición-2015	63
Figura 18. Nivel de concentración de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Época de invierno. Primera Repetición.....	64
Figura 19. Nivel de concentración de gases de SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> . Época de invierno Primera repetición-2016 .....	66
Figura 20. Distribución de concentración gas CO. Época de invierno. Primera repetición-2016 .....	67
Figura 21. Nivel de concentración de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> . Época de invierno. Segunda Repetición.....	68
Figura 22. Nivel de concentración gases SO <sub>2</sub> y NO <sub>2</sub> . Época de invierno. Segunda repetición. 2016.....	38

Figura 23. Nivel de concentración de gas CO. Época de invierno. Segunda repetición. 2016.....	70
Figura 24. Nivel de concentración promedio de PM <sub>2.5</sub> . Comparado con el ECA .....	71
Figura 25. Nivel de concentración promedio de PM <sub>2.5</sub> . Comparado con el ECA nacional y la OMS.....	72
Figura 26. Variación de temperatura diaria, época de verano –octubre 2015 .....	74
Figura 27. Variación de temperatura diaria, época de invierno –mayo 2016.....	75
Figura 28. Variación de temperatura promedio Mensual años 2004-2016 .....	76
Figura 29. Variación de la precipitación diaria-verano- 2015.....	77
Figura 30. Variación de la precipitación diaria-invierno- 2016 .....	78
Figura 31. Tendencia de la dirección del viento, época de verano-octubre 2015 .....	79
Figura 32. Tendencia de la dirección del viento, época de invierno-mayo 2016 .....	81
Figura 33. Tendencia de la dirección del viento año 2015.....	82
Figura 34. Tendencia de la dirección del viento año 2016.....	82
Figura 35. Concentración promedio de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> .....	83
Figura 36. Comparación de la concentración promedio de Material Particulado PM <sub>2.5</sub> para cada época del año .....	84
Figura 37. Concentración promedio de gases, épocas de verano e invierno .....	85
Figura 38. Distribución normal de puntos.....	98
Figura 39. Dispersión puntos estadística.....	100
Figura 40. Análisis de pronóstico .....	100
Figura 41. Modelo de Contaminación Atmosférica.....	109



## Resumen

La contaminación del aire es un problema de salud ambiental, que emitidas a la atmósfera partículas y gases potencialmente nocivos que afectan la salud humana y el ambiente, clasificados en partículas suspendidas (polvos, neblinas, humos), contaminantes gaseosos (gases y vapores), (OMS, 2004). Como objetivo general ha sido evaluar la concentración de Material Particulado en suspensión ( $PM_{2.5}$ ) y gases Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ), Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) y Monóxido de Carbono (CO). Para ello se desarrolló un programa de monitoreo de calidad del aire realizado en dos épocas, en verano, octubre de 2015 e invierno mayo 2016. Para ambos casos se utilizó un equipo de muestreo automático y se determinó la cantidad de partículas en suspensión  $PM_{2.5}$  y equipo tren de muestreo para determinación de gases  $SO_2$ ,  $NO_2$  y CO. Como resultado se obtuvieron valores promedios de  $PM_{2.5}$ , con  $17.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $13.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para ambas épocas, en cambio el estándares es  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (24 horas) y para el gases CO, los valores promedios son ( $51.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $49.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y ( $48.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $40.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para ambas épocas de estudio, en cambio el estándar es  $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (8 horas), siendo constantes los valores de  $SO_2$  y  $NO_2$  con  $>1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en la matriz de significancia de evaluación de impactos se obtuvo un nivel BAJO, para  $PM_{2.5}$ , con clasificación BUENA, del Índice de Calidad del Aire. Concluyendo que los valores obtenidos se encuentran por debajo de los estándares nacional, el nivel de concentración disminuye a medida que aumenta la altura y está relacionada con la presencia de actividades industriales y el incremento del tránsito vehicular.

**Palabra clave:** Material particulado  $PM_{2.5}$  y gases Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono.

## Abstract

Air pollution is a problem of environmental health, which emitted into the atmosphere particles and potentially harmful gases that affect human health and the environment, classified as suspended particles (dust, mists, fumes), gaseous pollutants (gases and vapors), (WHO, 2004). As a general objective it has been to evaluate the concentration of Particulate Material in suspension (PM<sub>2.5</sub>) and gases Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub>), Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) and Carbon Monoxide (CO). To this end, an air quality monitoring program was carried out in two seasons, in summer, October 2015 and winter May 2016. For both cases, an automatic sampling equipment was used and the amount of PM<sub>2.5</sub> suspended particles and sampling train equipment was determined for the determination of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and CO gases. As a result, average values of PM<sub>2.5</sub> were obtained, with 17.96 µg / m<sup>3</sup> and 13.07 µg / m<sup>3</sup>, for both seasons, while the standard is 50µg / m<sup>3</sup> (24 hours) and for CO gases, the average values are (51.33). µg / m<sup>3</sup> and 49.83 µg / m<sup>3</sup>) and (48.50µg / m<sup>3</sup> and 40.83µg / m<sup>3</sup>) for both study periods, however the standard is 10000 µg / m<sup>3</sup> (8 hours), the values of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> being constant with > 1.2 µg / m<sup>3</sup>, in the impact evaluation significance matrix, a LOW level was obtained, for PM<sub>2.5</sub>, with GOOD classification, of the Air Quality Index. Concluding that the values obtained are below the national standards, the level of concentration decreases as the height increases and is related to the presence of industrial activities and the increase of vehicular traffic.

**Keyword:** Material PM<sub>2.5</sub> particulate and gases, dioxide of Sulphur, nitrogen dioxide and carbon monoxide.



## Introducción

La contaminación del aire es un problema de salud ambiental, que a escala global emite a la atmósfera grandes cantidades de partículas y gases potencialmente nocivos que afectan la salud humana y el ambiente, clasificados en partículas suspendidas (polvos, neblinas, humos), contaminantes gaseosos (gases y vapores) y olores, (OMS, 2004, p. vi), aun en concentraciones bajas de partículas respirables ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), se pueden incrementar los riesgos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) y episodios asmáticos, (Abbey et al. 1995, p. 137).

Se entiende por “partícula” cualquier sustancia presente en la atmósfera, material en estado sólido o líquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre  $0.0002$  y  $100 \mu\text{m}$  de diámetro, (Martínez, S. 2000, p. 10). Las partículas respirables se han clasificado de acuerdo a dos tamaños:  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ . Las primeras son partículas gruesas que en su mayoría presentan un pH básico producto de la combustión no controlada; algunas están relacionadas con la desintegración mecánica de la materia o la resuspensión de partículas en el ambiente. El segundo agrupa a las partículas generalmente ácidas, que contienen hollín y otros derivados de las emisiones vehiculares e industriales, y corresponde a la fracción más pequeña y agresiva debido a que estas son respirables en un 100% y por ello se alojan en bronquios, bronquiolos y alveolos, (Larden, B. 2003, p.137-146).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la exposición a las partículas supone graves riesgos para la salud en muchas ciudades de los países del mundo, La nueva información incluida en la última actualización de las guías de calidad del aire, los efectos en salud están referidos a contaminantes comunes del aire: Material Particulado (MP), Ozono ( $\text{O}_3$ ), Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ). (Stibe. C. 2011, p. 04).

Se estima que para cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento de  $\text{PM}_{10}$  hay un exceso de riesgo de muerte de 0,5%. No hay un límite de “no efecto” para los contaminantes más estudiados ( $\text{PM}_{10}$ ;  $\text{PM}_{2.5}$ ;  $\text{NO}_2$ ;  $\text{SO}_2$ ; y  $\text{O}_3$ ), (OPS/OMS, 2014, p. 06). Varios países, desde la última

mitad de la década de los años 1980, han incluido normas sobre  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  por considerarlas muy peligrosas para la salud humana, (CEPIS, 1999, p. 02).

Con la finalidad de fortalecer la gestión para la mejora de la calidad del aire a nivel nacional, el Ministerio del Ambiente (MINAM), viene gestionando la ejecución de monitoreos de la calidad del aire en 13 ciudades del país, lo cual permitirá contar con un Diagnóstico de Línea Base para la elaboración de Planes de Acción. Estos monitoreos son parte de un trabajo articulado entre el MINAM, los Gobiernos Locales y los Grupos de Estudio Técnico Ambiental (Gesta Zonales del Aire) encargados de formular los Planes de Acción para la mejora de la Calidad del Aire y asegurar el cumplimiento de los Estándares de Calidad del Aire (ECA), en el 2012 se establecieron 18 nuevas zonas, haciendo un total de 31 ciudades priorizadas, (MINAM, R. M. N° 339-2012, p. 02).

En este contexto se enmarca el presente estudio desarrollado en el ámbito de la población de Segunda Jerusalén, con los siguientes objetivos: (a) Evaluar la influencia de la altura y las estaciones del año en la calidad del aire en la población de Segunda Jerusalén, (b) Determinar la concentración de material particulado en suspensión ( $PM_{2.5}$ ), concentración de gases: Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ), Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) y Monóxido de Carbono (CO), en la localidad de Segunda Jerusalén y (c) proponer medidas de control, mitigación y prevención del impacto de contaminantes en suspensión sobre el ambiente.



# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de estudio

#### 1.1.1. Antecedentes Internacionales

- ✓ La OPS/OMS, (2004. p. 14), menciona que “en el episodio de contaminación del aire que ocurrió en Londres en 1952, se estimó un aproximado de 4.000 muertes debido a un smog formado principalmente por altas concentraciones de SO<sub>2</sub> y material particulado. En Donora, aproximadamente 43% de la población presentó síntomas como la cefalea, la irritación de ojos, disnea y vómitos. El análisis del episodio de Londres mostró que las personas que se encuentran en mayor riesgo son los ancianos, principalmente aquellos que padecen de trastornos cardiorrespiratorios preexistentes, y los niños. Los estudios posteriores demostraron que los casos de bronquitis crónica en las áreas urbanas disminuían a medida que decrecían los contaminantes del aire”.
  
- ✓ En Pekín, China, se realizaron estudios con 60 niños sanos de 9 y 11 años, expuestos a un nivel promedio diario de 70-110 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub>, con valores pico de 150-260 µg/m<sup>3</sup> durante dos meses. Se observó una correlación negativa entre la concentración de NO<sub>2</sub> y las tasas máximas del flujo espiratorio. Los resultados indican que el aumento del nivel de NO<sub>2</sub>, puede afectar la función respiratoria de los niños, agravar el bloqueo de las vías respiratorias y, por consiguiente, reducir flujo espiratorio. La exposición de largo plazo a 50-100µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> puede afectar significativamente los sistemas respiratorio e inmunológico de los niños, con efectos similares en los adultos sensibles, (OPS/OMS, 2004, p. 72).
  
- ✓ IDEAM, (2016. p. 163), en su Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia, 2011 – 2015, concluye que: Entre los años 2011 y 2015 operaron veintiún Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire en Colombia, los cuales totalizaron 163 estaciones de diferentes tipologías en el último año, incluyendo aquellas destinadas a campañas de monitoreo. Se monitorearon los

contaminantes criterios regulados por la Resolución 610 de 2010 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Entre éstos se encuentran las partículas suspendidas totales (PST), el material particulado menor a 10 micras ( $PM_{10}$ ), el ozono ( $O_3$ ), el Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ), el Monóxido de Carbono ( $CO$ ), el Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ) y el material particulado menor a 2,5 micras ( $PM_{2.5}$ ). Este es el primer reporte nacional que incluye las tendencias de este último contaminante teniendo en cuenta que su monitoreo se ha incrementado dados sus potenciales efectos adversos a la salud de la población. En el presente documento se analizó un mayor número de SVCA en comparación con el informe del periodo 2007 – 2010.

### 1.1.2. Antecedentes nacionales

- ✓ MINAM, (2015. p. 38), en sus estudios de “*Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín*”. realizados en la zona urbana de la ciudad de Tarapoto, cuyos resultados del monitoreo de calidad del aire de los contaminantes primarios evaluados ( $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  con promedios de  $30.17 \text{ ug/m}^3$ ,  $7.75 \text{ ug/m}^3$ ,  $14.36 \text{ ug/m}^3$  y  $57.47 \text{ ug/m}^3$ , muestran que los valores registrados de gases y partículas, se encuentran por debajo de los estándares establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para aire (ECA). Estimaciones del inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas, y fuentes móviles.
- ✓ MINAM, (2015. p. 69), en su estudio “*Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de Moyobamba*”, realizados en la zona urbana de la ciudad de Moyobamba. Cuyos resultados del monitoreo de calidad del aire de los contaminantes primarios evaluados de  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , con promedios de  $24.56 \text{ ug/m}^3$ ,  $6.01 \text{ ug/m}^3$ ,  $60.88 \text{ ug/m}^3$  y  $18.71 \text{ ug/m}^3$ , muestran que los valores registrados de gases, se encuentran por debajo de los establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para Aire (ECA). Sin embargo, para partículas, excede en un punto los ECAs. con el ECA vigente a partir del año 2014, ( $PM_{2.5}=25 \text{ ug/m}^3$

24 horas), se tiene en un punto E-1, que los valores exceden el estándar, durante los días monitoreados en los tres puntos de medición.

✓ MINSA, (2011. p. 64), en su “Estudio de saturación Lima Metropolitana y Callao”, concluye que:

- Este estudio determinó que el principal contaminante presente en Lima y Callao, sigue siendo el material particulado,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  el mismo que se dispersa de sura nor-este por acción de los vientos, lo que podría contribuir al incremento de enfermedades respiratorias de la población expuesta en los distritos ubicados en esas zonas.
- Los valores de Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ), han disminuido considerablemente con respecto al estudio del año 2000, debido a la disminución de azufre (ppm) en los combustibles, así también que lima y callao cuentan con combustibles más limpios como el Gas Natural Vehicular (GNV), Gas Licuado del Petróleo (GLP), Gasolina y otros.
- Los Valores del Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ), no sobrepasaron los ECAs, sin embargo, al compararlos con los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se observaron que superan en la zona de Lima Este y seguidos por Lima Norte, lo que puede contribuir con el incremento de procesos respiratorios.
- El Ozono ( $O_3$ ), no sobrepasó la norma nacional ECA, para 8 horas ( $120 \mu g/m^3$ ), ni el valor recomendado por la OMS, para 8 horas de exposición ( $100 \mu g/m$ ).
- El Polvo Sedimentable (PS) presentó valores más altos en los distritos más alejados a la Costa, llamando la atención los valores registrados en los distritos de Carabaylo, Santa Anita, Ate y Comas, en relación al valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

### **1.1.3. Antecedente local**

- a) Herrera, (2011. p. 69.), para optar el Grado de Magíster con mención en Gestión Ambiental de la Educación Superior, sustenta en la Universidad Nacional de “San Martín-T”, la Tesis “Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión  $PM_{10}$ , del medio atmosférico urbano en segunda

Jerusalén–Rioja San Martín 2016”. En cuyo trabajo se llega a las siguientes conclusiones:

- Que la concentración de material particulado  $PM_{10}$ , se encuentra por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental, en las épocas de invierno y verano siendo los promedios de  $10.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $13.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en cambio los ECAs nacional son de 150 y  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (media aritmética anual) respectivamente. De acuerdo a la sistematización en la matriz causa-efecto se determinó que la calidad del ambiente en la población de Segunda Jerusalén es de un nivel de Optimo Alto.

## 1.2. La Atmósfera

La atmósfera es una envoltura gaseosa que rodea a la tierra, cuya masa se encuentra concentrada a unos 200 km. de altitud. El aire puro está compuesto de oxígeno (21%) y nitrógeno (78%) y otros gases menos comunes, de los cuales el argón es el más abundante. La concentración de dióxido de carbono (CO) (0,03%) es menor que la del argón (0,93%). El vapor de agua también está presente, hasta 4% por volumen. Las plantas generan oxígeno como un subproducto de la fotosíntesis y la atmósfera actual de la Tierra se describe como oxidante, en comparación con la atmósfera reductora rica en hidrógeno que existía antes de que comenzara la vida. La atmósfera contiene varios gases que, en concentraciones mayores que las normales, son venenosos para los seres humanos y animales y dañinos para las plantas. Estos incluyen el  $O_3$ , el  $SO_2$ , el  $NO_2$ , el CO y una amplia gama de COV, (OMS, 2004, p. 05). El estudio de la atmósfera, del que se puede considerar como iniciadores a Torricelli y Pascal, trata de determinar sus distintas características (presión, temperatura, humedad) y las variaciones que experimentan en las diferentes capas. La troposfera o capa inferior, en la que tienen lugar los llamados fenómenos meteorológicos, alcanza una altitud comprendida entre los 8 km (en los polos) y los 18 km (en el ecuador). Contiene el 70% del peso total de la atmósfera y en ella existe un gradiente de temperaturas del orden de  $6,5^\circ \text{C}/\text{km}$ , (SENAMHI, 2008, p. 07).

### 1.3. Contaminación Atmosférica

La atmósfera terrestre puede verse contaminada por humo, gases, polvo, vapor, ruido, olores, etc., provenientes de fuentes naturales o de fuentes antropogénicas. Las erupciones volcánicas, los incendios forestales o la descomposición de materia orgánica, por ejemplo, son fuentes naturales de contaminación atmosférica ya que liberan gases, partículas u olores que alteran la calidad del aire. Los contaminantes de fuente antropogénica tienen su origen en las actividades humanas, tanto domésticas como industriales, y provienen de fuentes móviles, como autos, aviones o barcos, así como de fuentes fijas, tales como chimeneas, equipos de refrigeración o incineradores de basura. Cabe señalar además que las fuentes fijas de contaminantes pueden ser puntuales, lineales, superficiales, fugitivas o fugaces, dependiendo de sus características particulares, (Gutiérrez J. (sf), p. 02).

### 1.4. Variables de estudio

#### 1.4.1. Material Particulado en suspensión

El Material Particulado, es una mezcla compuesta por partículas extremadamente pequeñas que se encuentran suspendidas en el aire. Estas partículas son peligrosas para la salud de las personas porque tienen la capacidad de penetrar las vías respiratorias. La contaminación por partículas se compone de especies tales como nitratos, sulfatos, carbono orgánico, hidrocarburos poliaromáticos (HPA) y metales pesados, cromo, estroncio, zinc, silicio y cadmio.

Las partículas se denominan de diferente manera según su tamaño:

- Partículas suspendidas totales (PTS): Son todas las partículas que se encuentran en el aire sin importar su tamaño.
- Fracción respirable ( $PM_{10}$ ): Partículas cuyo diámetro es menor o igual a 10 micrones ( $\mu m$ ).
- Partículas finas ( $PM_{2.5}$ ): Partículas cuyo diámetro es menor o igual a 2.5 micrones ( $\mu m$ ).
- Partículas ultrafinas: Partículas cuyo diámetro es menor o igual a 0.1 micrones ( $\mu m$ ), (Universidad de los Andes, 2008, p. 08).



#### **1.4.2. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

El SO<sub>2</sub>, es un gas incoloro, de olor acre, irritante, soluble en agua y reactivo. Las concentraciones en el aire ambiental en las ciudades de los países desarrollados han disminuido en los dos o tres últimos decenios debido a controles más estrictos de las emisiones, al mayor uso de combustibles con bajo contenido de azufre y a la reestructuración industrial. Como el SO es sumamente reactivo, su distribución a través de las vías de conducción del tracto respiratorio no es uniforme. En el caso de volúmenes bajos y moderados de ventilación pulmonar y respiración nasal, la penetración en los pulmones es insignificante. Para volúmenes mayores de ventilación pulmonar e inhalación oral, las dosis de interés se pueden extender hasta los bronquios segmentarios, (OPS/OMS, 2004, p. 24).

#### **1.4.3. Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

El NO<sub>2</sub>, es un gas relativamente insoluble en agua. Este gas puede inhalarse en grandes cantidades y penetrar a las vías respiratorias inferiores del pulmón, lo que puede generar respuestas biológicas. Al igual que el SO<sub>2</sub>, los individuos que padecen de asma son más susceptibles de desarrollar una respuesta de constricción bronquial, (OPS/OMS, 2004, p. 25).

#### **1.4.4. Monóxido de Carbono (CO).**

Monóxido de Carbono (CO), otro de los compuestos contaminantes de especial preocupación es un gas sin color ni olor que resulta toxico dada su gran afinidad por la hemoglobina para formar carboxihemoglobina evitando de esta manera que el oxígeno llegue a las células que lo necesitan pudiendo producirse, si persiste la anoxia, su muerte. El CO tiene su origen más importante en los procesos de combustión incompleta, aunque la oxidación del metano y otros compuestos orgánicos volátiles en la atmosfera también es una importante fuente de CO, (García J, A, 2008, p. 43).

## 1.5. Fuentes de Contaminación Atmosférica

Las fuentes de contaminación del aire se pueden dividir en antropogénicas y naturales. No obstante, esta distinción podría confundirnos debido a que la actividad humana también causa estragos en los sistemas naturales como el proceso de combustión de gasolina, petróleo, alquitranes, etc.; el polvo del suelo, erupciones volcánicas, incendios, incineraciones de basuras, humos de industrias entre otros, (Astudillo, R. M. 2012, p. 03).

El diámetro aerodinámico es el diámetro de una esfera de densidad unitaria que tiene la misma velocidad de sedimentación que la partícula en cuestión. La Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) fija los Valores Terminales Límite (TLV) para muchos riesgos químicos y físicos. La ACGIH recomienda los TLV selectivos de tamaños de partículas para sustancias peligrosas por inhalación en el lugar de trabajo. El Tamaño de las partículas determina el sitio de depósito en el tracto respiratorio y el efecto subsiguiente a la salud, (Construcción Safety Council. 2011, p. 46).

A fin de controlar la contaminación es necesario saber que son las fuentes de contaminación y como operan, al menos en teoría controlar la contaminación del aire mediante la eliminación de las fuentes. Sin embargo esto tendría un efecto destructor en nuestra sociedad y el modo en que vivimos ya que no se tendría posibilidad de utilizar demasiada electricidad, conducir automóviles ni usar algo que contuviera metales y plásticos, que sería casi imposible la vida en un ambiente urbano contemporáneo, teniendo que controlar la contaminación del aire producida por nuestras actividades, que requiera un conocimiento de los procesos que sostienen nuestros estilos de vida, (W. Strauss y Mainwaring, S.J. 2011, p. 23).

La importancia del estudio de las fuentes de emisiones contaminantes radica en que la identificación, clasificación y evaluación de su situación constituye el primer paso en cualquier plan de acción que busque disminuir la contaminación atmosférica, entre ellas las fuentes fijas, donde se agrupan todos los puntos de emisión establecidos en un lugar (como las plantas industriales) y las fuentes móviles, que agrupan

principalmente a la contaminación producida por el sector transportes, (SENAMHI, 2011, p.36).

Para el caso del presente estudio las fuentes de emisión de partículas y gases en Segunda Jerusalén son generadas mediante las actividades económicas (Planta de Cementos Selva S.A, molinos de arroz, carpinterías), medios de transporte y en obras civiles (mejoramiento de vías y la construcción de viviendas).

**Tabla 1**

*Origen de los contaminantes atmosféricos.*

GASES	PROBLEMAS ASOCIADOS
Óxidos de azufre SO <sub>x</sub> (SO <sub>2</sub> +SO <sub>3</sub> )	Calidad aire, lluvia ácida
Óxidos de Nitrógeno NO <sub>x</sub> (NO + NO <sub>2</sub> )	Calidad de aire, lluvia acida, eutrofización
Compuesto Orgánicos Volátiles no metano COVNM	Calidad de aire
Metano (CH <sub>4</sub> )	Calidad aire, Cambio Climático
Monóxido de Carbono (CO)	Calidad aire
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Cambio Climático
Óxido Nitroso N <sub>2</sub> O	Cambio Climático
Amoniaco NH <sub>3</sub>	Lluvia acida, eutrofización
Ozono Troposférico, Oxidantes Fotoquímicos	Calidad aire, Cambio Climático
Hidrofluorocarbonos HFCs	Cambio Climático
Perfluorocarbonos PFCs	Cambio Climático
Otros compuestos orgánicos (Benceno, PAH.)	Calidad aire
Partículas en suspensión	Calidad aire, lluvia ácida, Cambio Climático
Metales pesados (Pb, Hg, Ca.)	Calidad aire

Fuente: Tomado de García J. A, 2008.

### 1.5.1. Fuentes primarias de emisión de contaminantes.

Los contaminantes atmosféricos están generalmente sometidos a tres procesos: emisión, transmisión e inmisión. La emisión es la expulsión del contaminante desde una fuente a la atmósfera, Blaser, M. 2000, p. 15). Están asociadas a todo tipo de estaciones de combustión (centrales térmicas, industriales, comerciales o residenciales), emisiones por procesos industriales, actividades asociadas a la construcción, minería o canteras, actividades agrícolas, quema de biomasa, incendios forestales. Son sustancias o formas de energía vertidas directamente a la atmósfera desde los focos emisores, entre ellos se encuentran el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (CO<sub>2</sub>) e hidrocarburos (HC). También son contaminantes primarios las **partículas sólidas en suspensión**, de diámetro aerodinámico menor o igual que 2,5 µm a 10 µm y las **partículas sólidas sedimentables**, de

diámetro mayor que  $10\ \mu\text{m}$ , cuya procedencia y composición es muy variada. Al proceso de vertido de contaminantes a la atmósfera se le denomina **emisión**, mientras que a la concentración de contaminantes una vez emitidos, transportados y dispersados en la atmósfera se le denomina **inmisión**, como se muestra en la Figura 1.



*Figura 1.* Emisión de contaminantes atmosféricos.

### 1.5.2. Contaminantes inorgánicos secundarios.

Estos procesos están ligados a reacciones químicas en la atmósfera en los que intervienen los gases reactivos, principalmente el Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), los Óxidos de Nitrógeno  $\text{NO}_x$  y distintos vapores orgánicos. Las partículas secundarias formadas podrán ser orgánicas e inorgánicas, en los procesos de oxidación del  $\text{SO}_2$  a  $\text{H}_2\text{SO}_2$  en fase gaseosa producido por el radical Oxidrilo (OH). En general los componentes inorgánicos de origen secundario más abundante en la atmósfera son los sulfatos de nitratos y los cloruros. Se considera que los compuestos inorgánicos secundarios que con más frecuencia aparecen en la atmósfera son el ácido sulfúrico solo o combinado formando sulfato amónico ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), bisulfato amónico ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ) y el nitrato amónico ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). Los sulfatos se forman a partir del  $\text{SO}_2$ , el cual puede ser emitido directamente a la atmósfera de forma natural como por ejemplo las emisiones volcánicas, o se puede formar por reacciones en las que intervienen radical hidroxilo OH y otros compuestos que contienen azufre procedente del océano o de la corteza terrestre y de las plantas como pueden ser.  $\text{H}_2\text{S}$ , Dimetilsulfuro (DMS,) mercaptanos ( $\text{CH}_3\text{-SH}$ ), (Salvador, M. p. 2005, p. 20).

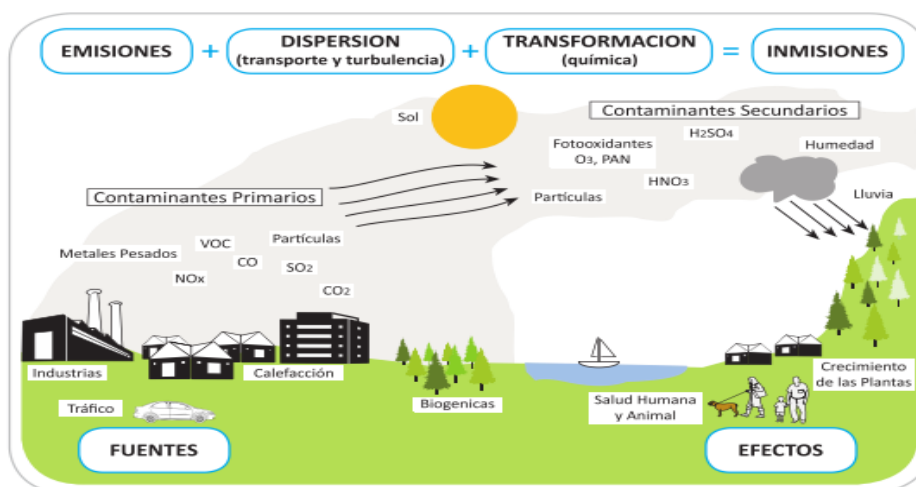
Por lo general las partículas finas y gruesas provienen de fuentes diferentes y tienen mecanismos de formación distintos. Las partículas finas primarias se forman por la condensación de vapores de altas temperaturas durante la combustión. Las partículas finas secundarias por lo general se forman por gases de tres maneras:

- Nucleación (es decir, las moléculas de gas que se reúnen para formar una partícula nueva).
- La condensación de gases en partículas existentes.
- Por reacción de los gases absorbidos en gotas pequeñas.

Las partículas que se forman por nucleación también se coagulan para formar partículas de agregados relativamente más grandes o gotitas cuyos diámetros oscilan entre 0,1 y 1,0  $\mu\text{m}$  y, por lo general, estas partículas no llegan a ser gruesas. Las partículas se forman debido a la reacción química de los gases en la atmósfera que conducen a la formación de productos con una presión de vapor muy baja para formar una partícula o que reaccionan hasta formar una sustancia con una baja presión de vapor. Algunos ejemplos incluyen:

- La conversión de  $\text{SO}_2$  a gotas pequeñas de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- Las reacciones de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  con  $\text{NH}_3$  para formar bisulfato amónico ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ) y sulfato amónico ( $\text{NH}_4\text{SO}_4$ ).
- La conversión de  $\text{NO}_2$  a vapor de Ácido Nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), el cual reacciona con el  $\text{NH}_3$  para formar nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), (OMS, 2004, p. 8-9).

Como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Esquema general de contaminantes atmosféricos primarios y secundarios. (Fuente: Universidad de los Andes, 2008).

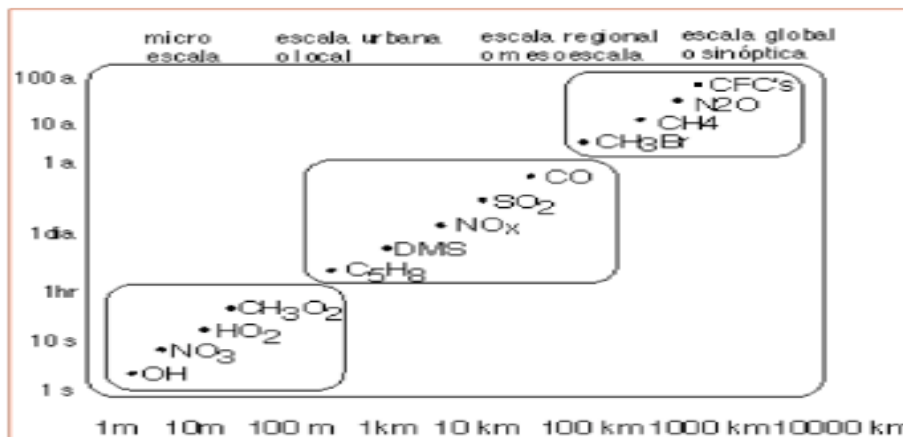
### **1.5.3. Factores que afectan la concentración de los contaminantes del aire.**

La concentración local de los contaminantes del aire depende de la magnitud de las fuentes y de la eficiencia de su dispersión. Las variaciones diarias en las concentraciones están más afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambios en la magnitud de las fuentes, entre ellos el viento es un elemento clave en la dispersión de los contaminantes del aire: para fuentes ubicadas en el nivel del suelo, la concentración de los contaminantes tiene una relación inversa con la velocidad del viento. La turbulencia también es importante: un espacio accidentado, como el que presenta un conglomerado de edificios, tiende a incrementar la turbulencia y la dispersión de los contaminantes. La concentración local de los contaminantes del aire depende de la magnitud de las fuentes y de la eficiencia de su dispersión. Las variaciones diarias en las concentraciones están más afectadas por las condiciones meteorológicas que por los cambios en la magnitud de las fuentes, (Astudillo, M. 2012, p. 03).

### **1.5.4. Tiempo de vida media de un contaminante y escalas de la contaminación atmosférica.**

Uno de los conceptos más importantes a la hora de analizar la escala espacial y temporal de un cierto contaminante es el tiempo de vida media. Si emitimos a la atmosfera un cierto contaminante con un tiempo de vida muy largo, las corrientes atmosféricas van a transportar este contaminante a lo largo de todo el globo generando un problema de contaminación a escala global y durante un tiempo largo, sin embargo, si la vida media del contaminante es pequeña la escala espacial afectada por el contaminante será por el contrario pequeña. Los contaminantes con vida media más cortas son los radicales libres, el radical hidroxilo (OH), el radical hidroperoxilo (OH) y el radical nitrato  $\text{NO}_3$ , que debido a que tienen un electrón libre son sustancias muy reactivas, destaca el radical OH, considerado como el detergente de la atmosfera. Dentro del grupo de las sustancias con vida media destaca el  $\text{SO}_2$ , y los Óxidos de Nitrógeno que intervienen en la llamada lluvia acida. Por último, tenemos los contaminantes con el tiempo de vida media muy grande, del orden de años, estos contaminantes

van a generar problemas de alcance planetario y que van a perdurar durante mucho tiempo, (García, J. A. 2008, p. 08). Como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Escala espacial y temporal de algunos contaminantes en atmosféricos. (Fuente: García-2008).

### 1.5.5. Estabilidad Atmosférica.

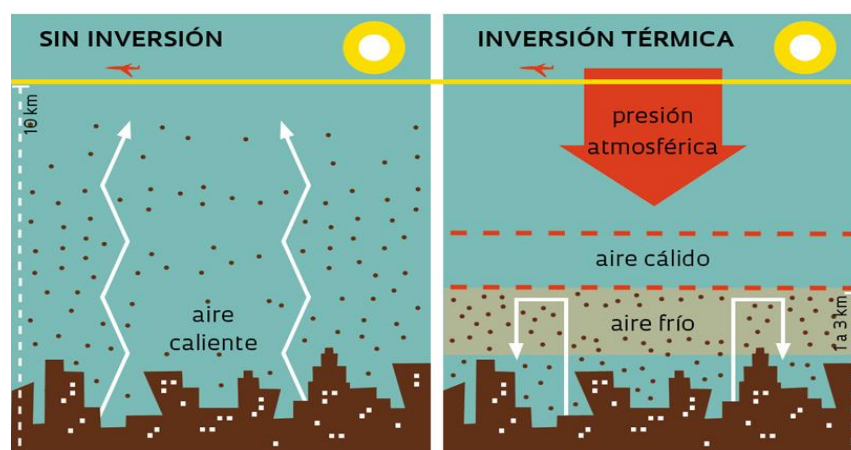
Mediante la estabilidad atmosférica se determina el nivel de dispersión de los contaminantes en el aire, es decir influyen las fuerzas que actúan sobre el desplazamiento de un contaminante analizado. Se pueden presentar tres situaciones diferentes de acuerdo al comportamiento a saber: si las fuerzas que actúan hacen que el contaminante se desplace de su posición inicial pero al cabo de un tiempo retorne a su lugar, se determina que existe equilibrio estable; si por el contrario las fuerzas hacen que el contaminante se aleje en forma acelerada de su posición inicial se dice que el contaminante no puede continuar su alejamiento o retornar a su posición inicial se estima que existe un equilibrio neutro o equilibrio indiferente, (Buitrago. A, J. 2003, p. 36).

La inversión térmica (IT), es un fenómeno natural que se caracteriza por un cambio en la tendencia normal del aire al enfriarse con la altitud; cuando existe ésta, la temperatura aumenta con la altitud en determinado estrato atmosférico, (García, M. R. 2012, p. 03).

La dispersión vertical de contaminantes se realiza usualmente en una capa comprendida entre la superficie y una altura determinada por factores termodinámicos. Así como la presencia de una capa de inversión térmica



elevada, produce una barrera a la dispersión vertical de contaminantes. Simultáneamente con el desplazamiento y mezcla de contaminantes con el aire del entorno, se producen transformaciones químicas y físicas que afectan la composición y las concentraciones. Los factores meteorológicos más importantes en estos fenómenos incluyen la temperatura del aire, la humedad atmosférica, la intensidad de la radiación solar y las precipitaciones (SEMA, (sf), p. 22). La altura de la capa de mezcla, hace referencia a la altura máxima de hasta la cual se presenta la dispersión de contaminantes y se encuentra determinada por la turbulencia atmosférica. La dimensión de la altura de capa de mezcla es directamente proporcional al nivel de dispersión atmosférica (a menor dispersión, menor es la altura de la capa de mezcla), (Universidad de los Andes, (2008, p. 26). Como se muestra en la figura 4.



**Figura 4.** Dispersión de contaminantes atmosféricos con y sin inversión térmica. (Fuente: SMADT, Gobierno del Estado de Jalisco-2007).

#### 1.5.6. Impactos de sustancias seleccionadas que se emiten a la atmósfera y las relaciones entre ellas.

Las sustancias emitidas a la atmósfera como resultado de las actividades humanas constituyen un reto tanto para el medio ambiente como para el desarrollo; millones de personas mueren prematuramente cada año debido a la contaminación del aire. Estos problemas atmosféricos son el foco de atención de varios de los acuerdos mundiales y regionales incluyendo la Agenda 21 (UNCED 1992) y el Plan de Aplicación de Johannesburgo (WSSD 2002), (GEO5. PNUMA, 2012, p. 33). Como se muestra en la figura 5.



**Figura 5.** Impactos de sustancias seleccionadas que se emiten a la atmósfera y las relaciones entre ellas. (Fuente: GEO5, PNUMA, 2012).

### 1.5.7. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana y ambiental.

Las partículas son capaces de ejercer una marcada influencia sobre nuestro entorno y modo de vida desde una escala global, por su influencia en el cambio climático, hasta una más local asociada a la degradación de la visibilidad que pueden producir. Por otro lado, las partículas pueden ejercer efectos perniciosos sobre los ecosistemas, las estructuras existentes como edificios o monumentos y lo que es más importante sobre la salud humana., (Salvador, M. 2005, p. 25). Los niveles críticos son concentraciones de contaminantes en la atmósfera sobre las cuales se pueden producir efectos adversos en receptores como las plantas, los ecosistemas o los materiales, (OMS, 2004, p. 32). Como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Efectos en la salud humana por exposición a material particulado de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .*

CONCENTRACIÓN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	EFECTO OBSERVADO	IMPACTO
200	Disminución de capacidad respiratoria	Moderado
250	Aumento de enfermedades respiratorias en ancianos y niños	Moderado
400	Afecta a toda la población	Grave
500	Aumento de mortalidad en adulto mayor y enfermos	Muy grave

Fuente: CEPIS / OPS / OMS, 2004.

Los efectos de la contaminación del aire se estudian por medio de experimentos en animales, observando los síntomas de voluntarios humanos y examinando los registros hospitalarios y otra información acerca de la salud obtenida de encuestas comunitarias y pruebas de la función pulmonar. La contaminación del aire puede matar, especialmente cuando varias clases de contaminación actúan juntas. En Londres, en 1952, una "niebla asesina" contaminada con azufre y partículas, cobró unas 4000 vidas. Las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas fueron especialmente vulnerables. En Estados Unidos, un estudio de la Universidad de Harvard estimó que cada año aproximadamente cinco por ciento de las muertes en la ciudad norteamericana contaminada típica están vinculadas con las partículas ácidas en el aire, (Kiely G. 1999, p. 07-09). Otro estudio de la contaminación del aire en el episodio ocurrido en Londres, en 1952, se estimó un aproximado de 4,000 muertes debido a un smog formado principalmente por altas concentraciones de  $\text{SO}_2$  y material particulado, (OMS, 2004, p. 14). Existe evidencia de efectos en la salud asociados con ambas fracciones de partículas, finas ( $\text{PM}_{2,5}$ ) y gruesas que forman la fracción  $\text{PM}_{10}$ , y ambas fracciones se pueden depositar en la región torácica del tracto respiratorio. Sin embargo, con la fracción fina radica en las diferencias físicas y químicas que presentan las dos subclases de fracciones de partículas, mientras que las gruesas están constituidas principalmente de polvo resuspendido, silicatos y bioaerosoles, las finas están compuestas típicamente de aerosoles, ácidos que incluyen, sulfatos, algunos metales en transición, partículas de diésel y partículas ultrafinas, (Martínez A y Romieu 1997, p. 07).

En la fabricación de cemento se registran emisiones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), procedentes de la combustión del diésel o carbón en el calentamiento de los productos para la fabricación del Clinker y secado de las materias primas. No obstante que la principal emisión al aire de las fábricas de cemento es el polvo, constituido de partículas de distintos tamaños procedentes de las diferentes etapas del proceso, (Armas Ramírez, C. *et al.* 2001, p. 338). Del mismo modo otros de los estudios de "Evaluación de la calidad del air en Lima Metropolitana Con respecto a las concentraciones de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_3$ , que no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), en ninguna de las

estaciones de calidad del aire del SENAMHI, en Ate las concentraciones horarias fueron muy cercanas al límite, indica que en determinados días las concentraciones de estos gases son peligrosos para la salud de la población. Producto de la combustión vehicular, la principal fuente de contaminantes en Lima Metropolitana, son gases que interactúan en la atmósfera produciendo infinidad de reacciones químicas, (SENAMHI), 2011, p. 58).

El dióxido de carbono (CO) es el tóxico que ha registrado un mayor crecimiento en la atmósfera de nuestro país, registrando un incremento de 50,7% al pasar de 20737,5 (10<sup>6</sup> Kg) en el año 2002 a 31258,0 (10<sup>6</sup> Kg) en el 2012, en este periodo tuvo un promedio de 647,3 (10<sup>6</sup> Kg), el Óxido de Nitrógeno (NOx) con 114,6 (10<sup>3</sup> toneladas), Óxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), con 45,7 (10<sup>3</sup> toneladas) y Metano (CH<sub>4</sub>) con 35,2 (10<sup>3</sup> toneladas), (INEI, 2015, p. 249-250).

Con relación a las partículas en el aire, el factor determinante en el efecto en la salud es su tamaño, debido al grado de penetración y permanencia que ellas tienen en el sistema respiratorio. La mayoría de las partículas cuyo diámetro es mayor a 5 µm se depositan en las vías aéreas superiores (nariz) y en la tráquea y bronquios. Aquellas cuyo diámetro es inferior tienen mayor probabilidad de depositarse en los bronquiolos y alvéolos a medida que su tamaño disminuye.

Según el tamaño y la composición de la partícula puede producir lo siguiente:

- Aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar
- Muertes prematuras
- Síntomas respiratorios severos
- Irritación de ojos y nariz de las personas
- Agrava el asma y las enfermedades cardiovasculares.

Con respecto a la salud de la población de Segunda Jerusalén, es relativo siendo necesario un estudio epidemiológico.

Por otro lado, los contaminantes pueden producir los siguientes efectos:

**a). Daños a bienes:**

- Modificación del aspecto de edificios e instalaciones
- Decoloración de pinturas
- Deterioro de las construcciones

- Corrosión de metales
- Ataca a materiales orgánicos (Piel, papel, textiles, etc.).

**b). Daños por pérdidas:**

- En reparar daños materiales o desgastes (Corrosión de metales, edificios, mercancías, pérdidas agrícolas).

**c). Daños por gastos:**

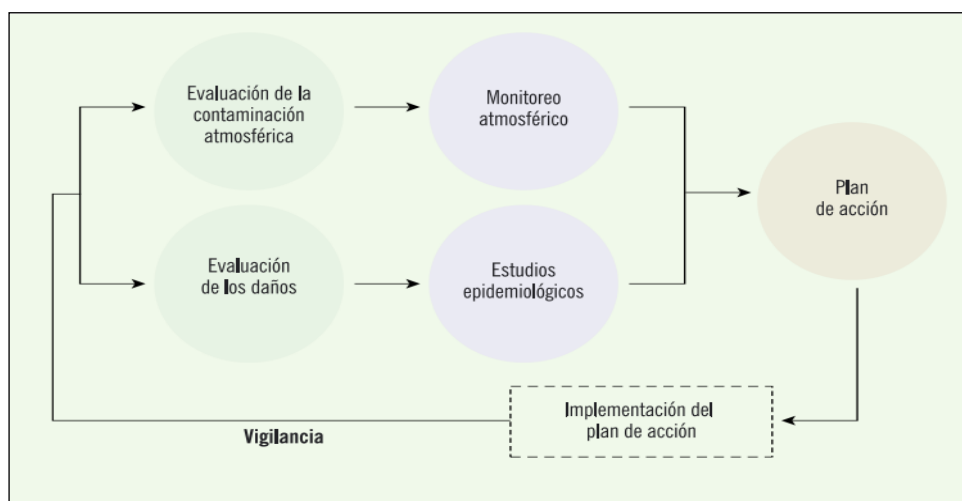
- En costos por equipos anticontaminantes y dispositivos de medida.

**d). Daños a las plantas:**

- Produce necrosis (muerte de las células)
- Destruye plantas jóvenes dando a las mismas aspecto de quemadas, se decoloran y se vuelven rígidas
- Hace a las plantas inutilizables para la alimentación.

## 1.6. Gestión de la Calidad del Aire

La meta de la gestión de la calidad del aire es mantener la calidad de un estado tal que se protejan la salud y el bienestar humano. Esa meta reconoce que la calidad del aire debe permanecer en niveles que protejan la salud humana y también a los animales, plantas (cultivos, bosques y vegetación natural), ecosistemas, materiales y calidad estética, incluidos los niveles naturales de visibilidad para lograr este objetivo de calidad del aire, es necesario desarrollar políticas y estrategias, (OMS, 2004, p. 120). Un marco político se refiere a políticas en varias áreas incluyendo transporte, energía, planificación, desarrollo y ambiente, (Dietrich Schwela, 2011, p. 12). Como se muestra en la figura 6.



**Figura 6.** Esquema de la Gestión de la Calidad del Aire. (Fuente: RED MONICA, 2006).

## 1.7. Normas de Calidad del Aire

Respecto al establecimiento de normas de calidad del aire para el caso de las partículas totales suspendidas, la atención se ha concentrado mayormente en las partículas  $PM_{10}$  porque pueden penetrar con facilidad al sistema respiratorio humano y causar efectos adversos a la salud de las personas. Han sido establecidas guías y normas de calidad del aire con la finalidad de proteger la salud humana (normas primarias) y proteger el bienestar del ser humano y los ecosistemas (normas secundarias). Las guías son recomendaciones para los niveles de exposición de contaminantes atmosféricos a fin de reducir la contaminación atmosférica. Las normas establecen las concentraciones máximas permisibles de los contaminantes atmosféricos durante un período definido. Son los valores límite diseñados con un margen de protección ante los riesgos. Varios países al definir partículas totales en suspensión han especificado a las partículas con  $10\ \mu\text{m}$  o menos de diámetro ( $PM_{10}$ ) y a las partículas con  $2,5\ \mu\text{m}$  o menos de diámetro aerodinámico. Es así como en varios países la Norma Primaria de Calidad del aire para contaminante  $PM_{10}$  establece como límite máximo ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normalizado de aire ( $150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como concentración promedio de 24 horas (CEPIS / OPS / OMS, 1999). Como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Límites de concentración de contaminantes del aire de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  vigentes en algunos países de las Américas establecidos por la OMS.*

PAISES	$PM_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		$PM_{2,5}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	24 hr	Anual	24 hr	Anual
<b>OMS</b>	50	20	25	10
US-EPA	150	NA	35	15
México	120	50	65	15
Buenos Aires	150	50	65	15
Bolivia	150	50	...	...
Brasil	150	50	...	...
Chile	150	50	...	...
Colombia	150	50	65	15
Ecuador	150	50	65	15
Perú	150	50	65	15

Fuente: Tomado de OMS/OPS, 2014.

### 1.7.1. Calidad del aire relativo al material particulado, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humano. Sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo. La OMS ha elaborado guías de calidad del aire que tienen por objeto ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud y respaldar medidas orientadas a conseguir una calidad del aire que proteja la salud pública en distintas situaciones, y que cada país establece normas de calidad del aire para proteger la salud pública de sus ciudadanos. La OMS, presenta los niveles de concentración para el Material Particulado, Ozono, NO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub>, (OMS, 2005, p. 08). Como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Niveles de Concentración de parámetros y fundamento propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS).*

Parámetro	Concentración	Fundamento
MP <sub>2,5</sub>	10 µg/m <sup>3</sup> , media anual.	Las pruebas relativas al material particulado (MP) suspendido en el aire y sus efectos en la salud pública coinciden en poner de manifiesto efectos adversos para la salud con las exposiciones que experimentan actualmente las poblaciones urbanas, tanto en los países desarrollados como en desarrollo.
	25 µg/m <sup>3</sup> , media de 24 horas	
MP <sub>10</sub>	20 µg/m <sup>3</sup> , media anual	
	50 µg/m <sup>3</sup> , media de 24 horas	
Ozono (O <sub>3</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup> , media de ocho horas	La OMS, estableció el valor guía de los niveles de ozono en 120 µg/m <sup>3</sup> para un promedio diario de ocho horas, es poca la nueva información que se ha obtenido, a partir de estudios de laboratorio o de campo, acerca de los efectos del ozono en la salud. Últimos estudios de series cronológicas han demostrado que se producen efectos en la salud con concentraciones de ozono por debajo del valor guía anterior de 120 µg/m <sup>3</sup> .
	40 µg/m <sup>3</sup> , media anual	El valor guía actual de la OMS de 40 µg/m <sup>3</sup> (media anual) se estableció para proteger al público de los efectos del NO <sub>2</sub> gaseoso en la salud. El fundamento de esto es que, debido a que la mayoría de los métodos de reducción de la concentración son específicos para los NO <sub>x</sub> , no están concebidos para controlar otros contaminantes que los acompañan, pudiendo incluso aumentar sus emisiones.
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	200 µg/m <sup>3</sup> , media de una hora	Estudios controlados realizados con asmáticos que hacían ejercicio indican que algunos de ellos experimentaron cambios en la función pulmonar y los síntomas respiratorios tras periodos de exposición al SO <sub>2</sub> de apenas 10 minutos. Tomando como base estas pruebas, se recomienda que no se supere una concentración de SO <sub>2</sub> de 500 µg/m durante periodos con una duración media de 10 minutos.
	20 µg/m <sup>3</sup> , media de 24 horas	
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	500 µg/m <sup>3</sup> , media de 10 minutos	

Fuente: Guía OMS, 2005.



## **1.8. Estándares de Calidad Ambiental.**

### **1.8.1. Estándar de Calidad Ambiental (ECA).**

Los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. En el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso, (Ley N° 28611, 2008, p. 03.12-13).

### **1.8.2. Límites Máximos Permisibles (LMP).**

Los Límites Máximos Permisibles (LMP) miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en las emisiones, efluentes o descargas generadas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al exceder causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Una de las diferencias es que la medición de un Estándar de Calidad Ambiental (ECA) se realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP).

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP) son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que

vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

En ese contexto en el Perú, se han establecido normas legales que regula la calidad del aire entre ellos, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú, (Constitución Política del Perú, 1993, p. 04), establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país, establecido en los artículos 31, 32, 33 y 34 relacionado con los ECA y LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud o las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales, (Ley N° 28611, 2008, p. 06).

El Ministerio del Ambiente – MINAM, pone a consideración de todas las entidades públicas y privadas, así como de la ciudadanía en general la propuesta de Resolución Ministerial que dispone la prepublicación del Proyecto de Decreto Supremo que aprueba los nuevos Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establece disposiciones complementarias, R. M N° 094-MINAM, 2017, p 02). Siendo Aprobados los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (ECA), ya que estos son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios, y como referente obligatorio, son aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de las actividades productivas, extractivas y de servicios, D. S N° 003-MINAM, 2017, p. 05). Como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5***Estándares de Calidad Ambiental de Aire.*

PARAMETROS	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		MÉTODO DE ANÁLISIS <sup>[1]</sup>
		VALOR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	FORMATO	
Benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre $\text{SO}_2$	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ( $\text{PM}_{2,5}$ )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
	24 horas	2		Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción Atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Mercurio gaseoso total ( $\text{Hg}$ ) <sup>(2)</sup>			No exceder	
Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ )	1 hora	30000	NE más de 7 veces al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 horas	10000	Media aritmética anual	(Método automático)
Ozono ( $\text{O}_3$ )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo ( $\text{Pb}$ ) en $\text{PM}_{10}$	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: D. S N° 003-2017.MINAM.

NE: No Exceder.

[1] o método equivalente aprobado.

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

**Tabla 6**  
*Niveles de estados de alerta por contaminación del aire.*

<i>Niveles de alerta para contaminantes críticos</i>				
<b>Tipo de alerta</b>	<b>Material Particulado (PM-10)</b>		<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	
Cuidado	>250	Promedio de 24 horas	>500	Por 3 horas prom. móvil
Peligro	>350	Promedio de 24 horas	>1500	Por 3 horas prom. móvil
Emergencia	>420	Promedio de 24 horas	>2500	Por 3 horas prom. móvil
Referencia	Valor estándar ECA		Valor estándar ECA	
	Valores estándar ECA		D.S N° 074-2001-PCM	
	D.S N° 074-2001-PCM		Anual: 80 (media aritmética anual)	
	8 h: 10000 (promedio móvil)		24 h: 365 (NE más de 1 vez al año)	
	1 h: 150 (NE más de 3 veces al año)			
<b>Tipo de alerta</b>	<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>		<b>Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S)</b>	
Cuidado	>1500	Promedio móvil 8 horas	>1500	Prom. aritmético 24 horas
	0			
Peligro	>2000	Promedio móvil 8 horas	>3000	Prom. aritmético 24 horas
	0			
Emergencia	>35000	Promedio móvil 8 horas	>5000	Prom. aritmético 24 horas
Referencia	Valores estándar ECA		Valor referencial Organización	
	D.S N° 074-2001-PCM		Mundial de la Salud.	
	8 h: 10000 (promedio móvil)		24 h: 150	
	1 h: 30000 (NE más de 1 vez al año)			

Fuente: Art. 3. D.S N° 009-2003-SA.

La elaboración de estudios epidemiológicos relacionados a la calidad del aire también es responsabilidad del Ministerio de Salud y el monitoreo de la calidad del aire, la evaluación de los resultados y el inventario de emisiones en el ámbito nacional es una actividad permanente, a cargo del Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambienta (DIGESA).

Ley N° 26842. Ley General de Salud (Capítulo VIII, art. 103): La protección del ambiente es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas, los que tienen la obligación de mantenerlo dentro de los estándares que, para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente. Art.104. Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, aire y suelo sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias de protección del medio ambiente. Corresponde a la autoridad de Salud competente (art. 105), dictar las medidas necesarias para minimizar y controlar los riesgos de la salud de las personas, derivados de elementos factores y agentes ambientales, de conformidad con lo que establece, en cada caso, la ley de la materia.

Art. 106): La Autoridad de Salud establecerá las medidas de prevención y control indispensables para que cesen los actos de contaminación ambiental que ponga en riesgo la salud de la población, Ley N° 26842-97. Ley General de Salud y su modificatoria, Ley N° 27604-2001, p. 26-27).

## 1.9. Política Nacional del Ambiente

La Política Nacional del Ambiente es de cumplimiento obligatorio en los niveles del gobierno nacional, regional y local y de carácter orientador para el sector privado y la sociedad civil. Se estructura en base a cuatro ejes temáticos esenciales de la gestión ambiental, respecto de los cuales se establecen lineamientos de política orientados a alcanzar el desarrollo sostenible del país. Como se muestra en la tabla N° 07.

**Tabla 7**

*Ejes de Política-Política Nacional del Ambiente*

<b>Ejes de política</b>	
<b>Eje de Política 1</b>	Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica.
<b>Eje de Política 2</b>	Gestión Integral de la calidad ambiental.
<b>Eje de Política 3</b>	Gobernanza ambiental.
<b>Eje de Política 4</b>	Compromisos y oportunidades ambientales internacionales

Fuente: Política Nacional del Ambiente, 2009.

### **Lineamientos de política en materia de calidad del aire.**

- Establecer medidas para prevenir y mitigar los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud de las personas.
- Implementar sistemas de alerta y prevención de emergencias por contaminación del aire, privilegiando las zonas con mayor población expuesta a contaminantes críticos.
- Incentivar la modernización del parque automotor promoviendo instrumentos, uso de medios de transporte y combustibles que contribuyan a reducir los niveles de contaminación atmosférica.
- Identificar y modificar prácticas operativas y consuetudinarias inadecuadas que afectan la calidad del aire.

Impulsar mecanismos técnico-normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora y de las radiaciones no ionizantes, (D.S. N° 012-MINAM, 2009, p. 30).

### 1.10. Medición de la calidad del aire

La medición de la calidad del aire está relacionada con la determinación de sus causas y la evaluación de sus efectos y problemas fundamentales presentados. Todos los métodos diseñados para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado, se define como monitoreo atmosférico. Cuando se pretende llevar a cabo un monitoreo atmosférico es necesario presentar una estrategia o guía de los aspectos que deben ser definidos con antelación. Definidos los objetivos de monitoreo y delimitadas las localidades o áreas de estudio y los parámetros que se necesitan monitorear se tomó como meta la organización temporal y distribución espacial de los puntos de monitoreo o de colección de muestras dentro del área de estudio, de manera que sean representativas de la calidad del aire de un lugar determinado para poder compararlos con los estándares de calidad del aire y valores límites. Como siguiente paso es definir la localización y determinación del número de estaciones de monitoreo que se requieren cumplir con los objetivos, (Martínez A y Romieu, 1997, p. 08). Como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Estrategia del monitoreo atmosférico.*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de objetivos               <ul style="list-style-type: none"> <li>Conciliándolos</li> <li>Ponderándolos</li> <li>Delimitando su área de influencia</li> </ul> </li> <li>• Definición de parámetros ambientales               <ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminantes a medir</li> <li>Parámetros meteorológicos</li> </ul> </li> <li>• Definición de número y sitios de muestreo               <ul style="list-style-type: none"> <li>Localización de los sitios de muestreo</li> <li>Densidad o número de puntos de muestreo</li> <li>Requerimientos del sitio de muestreo</li> </ul> </li> <li>• Determinación de tiempos de muestreo               <ul style="list-style-type: none"> <li>Duración del programa</li> <li>Frecuencia de muestreos</li> <li>Tiempos de toma de muestra</li> </ul> </li> <li>• Selección de equipo de muestreo</li> <li>• Selección de técnicas de análisis</li> </ul>
---

Fuente: Tomado de Martínez A y Romieu, 1997.

### 1.11. Definición de objetivos de monitoreo

Si el objetivo de medición es evaluar la calidad del aire en la zona de respiración de una persona (zona inmediatamente alrededor de la parte superior del cuerpo humano) para correlacionarla con su estado de salud. Lo primero en el diseño e implementación de cualquier sistema de monitoreo se define los objetivos que se pretenden y los requerimientos de datos que se necesitan para llevarlos a cabo, (*Martínez A y Romieu, 1997, p. 09*). Siendo los objetivos más usuales los siguientes:

- Establecer bases científicas para políticas de desarrollo.
- Determinar la congruencia con las normas y los criterios legales.
- Estimar los efectos en la población y en el ambiente.
- Informar al público acerca de la calidad del aire.
- Proporcionar información de fuentes y riesgos de contaminación.
- Llevar a cabo evaluaciones de tendencias a largo plazo.
- Medir los efectos de las medidas de control en la calidad del aire.
- Estudiar las reacciones químicas de contaminantes atmosféricos.
- Calibrar y evaluar modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos.

### 1.12. Localización de los sitios de muestreo

Dependen de la ubicación de las personas y en rigor, el aire muestreado debiera ser el que se encuentra en dicha zona. De esta manera se estaría muestreando el aire que ingresa al sistema respiratorio de las personas, (*Herrera, D. S, 2011, p. 19*). En cambio, si el objetivo de medición es la calidad general del aire, entonces se deberán tomar en cuenta una serie de consideraciones como tipo de emisiones, fuentes de emisión, los factores topográficos y meteorológicos, información de la calidad del aire (en caso que exista), modelos de simulación y otros factores como uso de suelo, demografía, salud pública. Para el presente estudio de investigación el objetivo de estudio es la medición de la calidad del aire, (*Martínez A y Romieu, 1997, p. 16-17*).



La entrada de aire al equipo de muestreo debe estar a una altura entre 1,5 y 10 metros sobre el nivel del piso. Una altura de 1,5 metros sobre el nivel de piso se utiliza para estimar exposiciones potenciales del ser humano a situaciones de grandes emisiones de contaminantes, pues es en esta zona es donde se encuentra la población que transita o trabaja y que está más expuesta a la contaminación urbana. Sin embargo, existen situaciones en donde no es posible cumplir con el requisito de altura indicado por lo cual para el presente estudio se han realizado instalaciones de toma de muestra de hasta 8 metros de altura. Como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Altura de muestreo atmosférico.*

<b>ALTURA DE LA TOMA DE MUESTRA</b>	<b>TIPO DE ESTUDIO</b>
1,5 a 2,5 metros	Epidemiológico o de tráfico vehicular
2,5 a 4 metros y hasta 8 metros	De calidad del aire de fuentes fijas
10 metros	Meteorológico

Fuente: Tomado de Martínez y Romieu, 1997.

Para el presente estudio los criterios de localización y número de puntos de muestreo han sido tomados en cuenta de la Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones del Ministerio de Energía y Minas, (MEM, 1994, p. 24), la misma que recomiendan algunas consideraciones prácticas al seleccionar la ubicación de los sitios de muestreo cuando se pretendan instalar muestreadores activos/automáticos, siendo de:

- Fácil acceso
- Seguridad contra vandalismo
- Infraestructura
- Ausencia de obstáculos.

Para la Seguridad del sitio de instalación se debe considerar sitios que no presenten problemas para la permanencia de los equipos, ya sea por actos vandálicos o por fenómenos de la naturaleza, (DIGESA, 2005, p. 19 y 26).

### 1.13. Número de puntos de muestreo sugerido por la Organización Mundial de la Salud-OMS.

El número y distribución de estaciones de monitoreo depende del objetivo del estudio. 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.

En función de la población la Organización Mundial de la Salud (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. Como se muestra en la Tabla N° 10.

**Tabla 10**

*Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas de población determinada. OMS.*

Población urbana (millones de personas)	PARÁMETRO DE MONITOREO					
	Partículas	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Oxidantes	CO	Meteorológicos
< 1	2	2	1	1	1	1
1 – 4	5	5	2	2	2	2
4 – 8	8	8	4	3	4	2
> 8	10	10	5	4	5	3

Fuente: Protocolo de Monitoreo y Calidad de Aire y Gestión de los Datos, DIGESA, 2005.

### 1.14. Equipos para medición de contaminantes de partículas y gases.

Los principios de medición de los analizadores se llevan a cabo de acuerdo a los métodos de referencia, establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas, o a los métodos equivalentes de la United Stated Enviromental Protecction Agency (EPA), (Espinoza R, E. M. 2007, p. 113). La importancia de manejar instrumentos de vigilancia y monitoreo eficientes radica en que la información obtenida que puede orientar la adopción de medidas que aseguren el

cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental. Durante la última década una nueva técnica de medición de partículas y gases conocida como “Tren de Muestreo”, (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2011, p. 03).

### 1.15. Criterios de selección de equipos de medición.

Cuando se seleccionan monitores para un estudio de calidad de aire se debe tener en cuenta el objetivo del programa a fin de evaluar la economía relativa de los distintos sistemas considerados. Debe ponerse especial atención a las rutinas de calibración y mantenimiento de todos los equipos para asegurar una operación continua tan extensa como sea posible. En términos generales hay ciertos parámetros técnicos y operacionales que deben ser considerados al evaluar la aptitud y utilidad de una técnica analítica o un equipo de medición.

#### 1.15.1. Parámetros técnicos

- **Selectividad:** indica el grado de independencia de interferencias del método.
- **Especificidad:** indica el grado de interferencias en la determinación.
- **Sensibilidad:** Tasa o amplitud del cambio de la lectura del instrumento con respecto a los cambios de los valores característicos de la calidad del aire.
- **Exactitud:** Grado de acuerdo o semejanza entre el valor real o verdadero y el valor medio o medido.
- **Precisión, o reproducibilidad de las medidas:** grado de acuerdo o semejanza entre los resultados de una serie de mediciones.
- **Facilidad de calibración del instrumento:** Está asociada a la disponibilidad de gases de calibración en el mercado
- **Disponibilidad de gases de calibración:** Gases primarios o secundarios.
- **Volumen de gas necesario para la determinación:** Depende del comportamiento de las concentraciones de sustancias a medir.
- **Tiempo de respuesta del instrumento:** Corresponde al tiempo necesario para que el monitor responda a una señal dada, o sea el período transcurrido desde la entrada del contaminante al instrumento de medición hasta la emisión del valor de la medición.

### 1.15.2. Otros parámetros

- Disponibilidad de los sensores y Resolución espacial.
- Mantenimiento.
- Porcentaje de intervalo de tiempo fuera de operación.
- Equipamiento adicional necesario.
- Mano de obra especializada requerida para operación y mantenimiento
- Simplicidad de aplicación y uso, Confiabilidad y compatibilidad
- Costo de adquisición, operación y mantenimiento y soporte, (DIGESA, 2005, p. 12 y 13).

### 1.15.3. Equipo Alto Volumen- Hi-Vol.

Uno de los tipos de muestreador de alto volumen acoplado con un cabezal con accesorios que lo integran para mover el aire un motor bomba; un registrador de flujo y accesorios para sujetar el filtro), tal como se muestra los principales componentes en la siguiente figura.

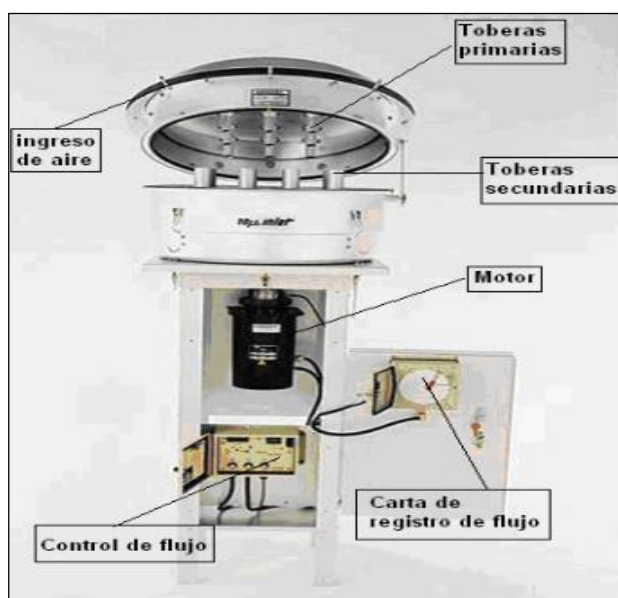


Figura 7. Equipo de muestreo de Alto Volumen Hi-Vol.

### 1.15.4. Valores de precisión del equipo Alto Volumen.

Los valores de precisión se detallan en la siguiente tabla 11.

**Tabla 11***Características del equipo Alto Volumen.*

<b>Principio de Muestreo</b>	<b>Alto Volumen (Método de Referencia)</b>
Principio de Medición ó Detección	Gravimetría
Límite de Detección inferior (g/m <sup>3</sup> std)	2.0
Precisión (%)	3 a 5
Flujo de operación (m <sup>3</sup> std/min)	1.1 - 1.7
Tiempo de Muestreo (h)	24+1

Fuente: Informe/Producto final. Asesoría INE/ADE-037, (2007).

**1.15.5. Especificaciones del equipo utilizado.**

- Especificaciones de desempeño PM-10 de EPA en Federal
- Método de Referencia (RFPS1287-063).
- Cámara de muestreo con bisagras para una fácil limpieza / engrase de la cuña de recogida.
- El sistema básico incluye la entrada selectiva de tamaño PM10-SSI más los siguientes componentes Staplex®:
- Muestreador de aire de alto volumen Staplex® TFIA.
- SH810 Soporte para filtro de 8 "x 10".
- Bandeja de papel de filtro FPC810.
- FC-1ETM (110 VAC) o FC-2ETM (220VAC) Controlador de flujo constante.
- Modelo PM10-2 Basic PM10 Sistema de muestreo de aire de alto volumen 230 VAC, 50Hz.
- Filtros requeridos: Staplex® Tipo TFAQ810 Filtros de fibra de cuarzo, 8 "x 10" (25 por caja).
- Tamaño: 64 "H (163 cm) de alto x máximo 28" (71 cm) de diámetro.
- Caudal: 40 pies cúbicos por minuto (CFM), 1,13 metros cúbicos por minuto.
- Precisión del control del caudal máscico (@ 40 CFM): ± 2,5% de desviación durante un período de muestreo de 24 horas.

**1.15.6. Equipo Tren de Muestreo: medición por soluciones captadoras.**

Un tren de muestreo es un sistema manual diseñado para muestreo de sistema de gases ambientales. El sistema tren de muestreo permite captar gases

atmosféricos que se consideran contaminantes por medio de una solución química, denominada absorbente o captadora, este método es aprobado por US-EPA (Agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos (EE. UU)).



*Figura 8.* Tren de Muestreo

#### **1.15.7. Características del equipo.**

Los principios de medición de los analizadores se llevan a cabo de acuerdo a los métodos de referencia, establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas, o a los métodos equivalentes. En la página web de la United States Environmental Protection Agency (EPA) [www.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html](http://www.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html) se encuentra el listado de los métodos de referencia y métodos equivalentes designados para cada contaminante criterio, (Espinoza Rubio 2007, p. 113).

El material recomendado que protege el tren de muestreo es de madera para atenuar los efectos de descarga eléctrica, en la realización de los monitoreos ambientales. Asimismo, existe un tiempo y caudal específico para cada gas, dicho flujo es medido por un dispositivo denominado rotámetro.

#### **1.15.8. Métodos de referencia**

Son dados para las mediciones de cada uno de los gases contaminantes más importantes y se los considera de referencia para determinar el cumplimiento de las normas. Generalmente son métodos manuales, pocos automatizados y que requieren la colección de muestra por un tiempo discreto relativamente largo.

La Agencia de Protección Ambiental (USEPA), proporciona métodos de pruebas de fuentes. Cada uno de los métodos ha sido validado por la agencia de publicación respectiva. Normalmente los métodos publicados por diferentes agencias para los mismos contaminantes, son sólo variaciones menores de la misma metodología básica, promulgadas en el Título 40 de Código de Reglamentos Federales, Parte 60, Apéndice A (40 CFR, Part 60, Appendix A), (MEM, 2007, p. 28). Como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Lista de Métodos de pruebas de fuentes aprobadas.*

Parámetro	Método	Referencia método	Agencia de publicación	Método analítico
Valor del flujo Volumétrico, Peso molecular y Material Part.	Método de Referencia para la Prueba de Fuentes: Medición de Descargas de Partículas de Fuentes Estacionarias	Métodos A E, EPS 1/RM/8	Environment Canadá	Gravimétrico
Monóxido de Carbono	Determinación de Emisiones de Monóxido de Carbono de Fuentes Estacionarias	Método 10	USEPA	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
Oxígeno y Dióxido de carbono	Determinación de Oxígeno y Concentraciones de Dióxido de Carbono en Emisiones de Fuentes Estacionarias (Procedimiento del Instrumento Analizador)	Método 3A	SEPA	...
	Determinación de Emisiones de PM <sub>10</sub> (Procedimiento del Valor Constante de Muestreo)	Método 201A	USEPA	Gravimétrico
Partículas finas (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> )	Método Borrador para la determinación de Emisiones de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> (Procedimiento del Valor Constante de Muestreo).	.....	.....	Gravimétrico
	Determinación de Emisiones de Partículas Condensables de Fuentes Estacionarias	Método 202	USEPA	Gravimétrico
Metales Traza	Determinación de Emisiones de Metales de Fuentes Estacionarias	Método 29	USEPA	ICAP/GFAA/CVAA
Óxido de Nitrógeno	Determinación de Emisiones de Óxido de Nitrógeno de Fuentes Estacionarias (Procedimiento del Instrumento Analizador)	Método 7E	USEPA	Quimio luminiscente
Dióxido de Sulfuro	Determinación de Emisiones de Dióxido de Azufre de Fuentes Estacionarias (Procedimiento del Instrumento Analizador)	Método 6C	USEPA	Ultravioleta no dispersivo (NDUV)
Hidrocarburos Totales	Determinación de Concentración Orgánica de Gases Totales usando el Analizador de Ionización de fuego	Método 25A	USEPA	Detección de Ionización de fuego (FID)
Compuestos Orgánicos Volátiles	Medición del Tren de Muestreo Orgánico Volátil de Emisiones de Compuestos Orgánicos Gaseosos por Cromatografía de Gases	Método 0030 Método 18	USEPA USEPA	Desorción térmica GC-MS
Compuestos Orgánicos Semi volátiles	Método de Referencia para la Prueba de Fuentes: Medición de Descargas de Compuestos Orgánicos Semi volátiles. Seleccionados de Fuentes Estacion.	Método 0010 EPS 1 /RM/2	Environment Canadá USEPA	GC-MS de Alta/Baja Resolución
Ácido Sulfúrico	Determinación de Emisiones de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> y SO <sub>2</sub> de Fuentes Estacionarias	Método 8	USEPA	GC-MS

Fuente: Tomado de MEM, (2007).

### 1.15.9. Valores del Índice de la Calidad del Aire (INCA)

El índice de Calidad del Aire (INCA) tiene un valor óptimo comprendido entre 0 y 100, el cual coincide con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental de Aire. Para un mejor entendimiento, el INCA se divide en 4 categorías o calificaciones de la calidad del aire. La banda de color verde comprende valores del INCA de 0 a 50 y significa que la calidad del aire es buena, la banda de color amarillo comprende valores de 51 a 100 e indica una calidad moderada del aire; la banda de color anaranjado se encuentra comprendida entre los valores 101 y el valor umbral del estado de cuidado (VUEC) de cada contaminante, lo que nos indica que la calidad del aire es mala; finalmente el color rojo de la cuarta banda nos indica que la calidad del aire es mayor al valor umbral del estado de cuidado del contaminante, a partir de este valor corresponde la aplicación de los Niveles de Estados de Alerta Nacional por parte de la autoridad de Salud. La Tabla N° 13 muestra los valores del INCA, con las 4 calificaciones y los colores utilizados para cada caso, (R. M N° 181, MINAM, 2016, p. 03).

**Tabla 13**

*Valores del Índice de Calidad del Aire (INCA).*

CLASIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC+	>VUEC*	Rojo

\*VUEC: valor umbral del estado de cuidado. (Fuente: R M N° 181-2016-MINAM).



**Tabla 14***Valores del Índice de Calidad del Aire.*

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CUIDADOS</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
Buena	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre.
Moderada	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podría experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de Aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.
Mala	La población sensible podría experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
Umbral de cuidado	La concentración del contaminante puede causar efectos en la salud de cualquier persona y efectos serios en la población sensible, tales como niños, ancianos, madres gestantes, personas con enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y cardiovasculares.	Reportar a la Autoridad de Salud para que declare los Niveles de Estados de Alerta de acuerdo al Decreto Supremo N° 009-2003 SA y su modificatoria Decreto Supremo N° 012-2005-SA.

Fuente: R M N° 181-2016-MINAM.

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Materiales y equipos

##### 2.1.1. Materiales

Los principales materiales para la realización del presente trabajo de investigación son:

- Plano urbano de Segunda Jerusalén a escala 1:5000
- Navegador GPS GARMIN XL-12 Plus.
- Balanza analítica marca Sartorius modelo BP3015.
- Cámara fotográfica digital "Sony"
- Papel filtro Micro-Quartz filter media 8" x 10".



*Figura 9.* Papel filtrante

- Soluciones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO



*Figura 10.* Tren de muestreo por soluciones.

## 2.1.2. Equipos

Los equipos empleados en el presente trabajo de investigación son:

- Equipo automático: equipo de muestreo de aire tipo medidor automático Staplex- modelo PM10-2. Método de Referencia (RFPS1287-063).



*Figura 11.* Equipo automático de muestreo tipo: Staplex- modelo PM10-2.

## 2.2. Metodología

### 2.2.1. Operacionalización de variables de estudio

#### a). Variable independiente

1. Cantidad de puntos de monitoreo (3 puntos estación), con 2 repeticiones, haciendo un total de 12 muestreos por cada estación, a 2 alturas siendo 24 puntos de monitoreo en las 2 estaciones del año.
2. Altura de la toma de muestra (considerado a dos alturas
  - a). a una altura de 1.5mt a nivel de superficie de suelo y
  - b). a una altura de 6- a 8 mt.
3. Épocas del año (invierno y verano).

#### b). Variable dependiente

La calidad del aire, con los parámetros de monitoreo de material particulado ( $PM_{2.5}$ ) y gases ( $SO_2$ ,  $NO_2$  y  $CO$ ).

**Tabla 15***Operacionalización de variables.*

N°	VARIABLES	PARAMETROS A MEDIR	METODO DE REFERNCIA	ÍNDICE
01	Variable dependiente	Material Particulado	Separación inercial	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		PM <sub>2.5</sub>	filtración (Gravimetría)	
		Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Fluorescencia UV	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Quimioluminiscencia	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
02	Variable independiente	Monóxido de Carbono (CO)	Infrarrojo no dispersivo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		1. Altura de la toma de muestra (considerado a dos alturas)	<b>Altura a).</b> El equipo utilizador tiene la altura correspondiente	Ubicación de equipo
		a). De 1.5 mt a nivel de superficie de suelo b). De 6- a 8 mt.	<b>Altura b).</b> Se ubicó el equipo en azoteas de viviendas las mismas que cumplieron la altura necesaria.	de 1.5 mt hasta 6- a 8 mt.

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2. Selección de sitios de muestreo

En general, el desarrollo de la presente investigación ha seguido las pautas metodológicas prescritas en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones del Subsector Minería, (MEM, 1994, p. 24). También se ha tenido en cuenta el Protocolo de Monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos, (DIGESA, 2005, p. 18, 19, y 20).

### 2.2.3. Ubicación del proyecto de investigación

El presente proyecto de investigación se encuentra ubicado en la localidad de Segunda Jerusalén, distrito de Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, Departamento de San Martín-Perú.

### 2.2.4. Parámetros de monitoreo

El principal parámetro de monitoreo seleccionado ha sido la concentración de partículas en suspensión PM<sub>2.5</sub> (partículas con diámetros aerodinámicos iguales o menores que 2.5  $\mu\text{m}$ ) porque su repercusión en la salud humana merece especial

consideración, además se ha considera los gases: Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> y el Monóxido de Carbono (CO).

También se ha considerado los parámetros meteorológicos: Temperatura promedio ambiental, Precipitación y Dirección y velocidad del viento. Registros tomados de las estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia de Rioja, datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología, Climatología (SENAMHI) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), OMS, 2005, p. 100 y 101).

### **2.2.5. Número de puntos de muestreo**

Para determinar el número de puntos de muestreo se ha tomado en cuenta la cantidad sugerida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), (DIGESA, 2005, p. 25 y 27), para zonas urbanas, que para el presente estudio considera dos estaciones de muestreo, dado que Segunda Jerusalén posee una población aproximada de 6,412 habitantes INEI, 2007, (< 1 millón de habitantes) al momento del estudio (Año 2016); sin embargo, con el fin de obtener mejor representatividad espacial de los resultados, se han considerado 24 puntos de muestreo, distribuido en las dos épocas del año que consiste en Invierno y Verano respectivamente realizados en los años 2015 época de verano y año 2016 época de invierno.

### **2.2.6. Ubicación de puntos de muestreo**

Las ubicaciones de los puntos de muestreo seleccionados se indican en la tabla N° 16, y en el plano de ubicación de puntos de monitoreo del ANEXO III; utilizando un equipo automático Alto Volumen y Tren de Muestreo. El equipo para la toma de muestra de aire se instaló en ubicaciones muy expuestas, a distancias horizontales no menores de 4 metros desde las construcciones existentes. La ubicación del instrumento es tal que el filtro se encontrara a una altura de 1.5 sobre el nivel del piso y en niveles entre 6 a 8 metros de altura sobre el piso aproximadamente ubicada en azotea de viviendas.

El criterio para la ubicación de puntos ha consistido en elaborar la Rosa de Vientos de la zona de estudio y teniendo en cuenta la dirección y velocidad del

viento con mayor predominancia se ha determinado la ubicación de los respectivos puntos de monitoreo con el fin de lograr una distribución homogénea en el ámbito urbano de la localidad de Segunda Jerusalén, de manera que los resultados obtenidos sean los más representativos sobre la calidad del aire.

**Tabla 16**

*Ubicación de puntos de muestro.*

PUNTOS		PROPIETARIO	DIRECCIÓN	ALTURA	COORDENADAS UTM – 18M
P1	A1	Carlos Reyna	Jr. Jerusalén	1.5 m	E 0247429 N 9337332
	B2	Díaz	S/N.	8.0 m	E 0247418 N 9337361 E 0281156
P2	A3	Municipalidad	Jr. Galilea	1.5 m	N 9331229
	B4		S/N.	7.0 m	E 0281156 N 9331229 E 0248097
P3	A5	Nerio Chetilan	Jr. Galilea	1.5 m	N 9337938
	B6	Gálvez	S/N.	7.0 m	E 0248099 N 9337949

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.7. Tiempo de estudio

El tiempo de estudio para el presente proyecto se estableció que sea del tipo discontinuo y que la duración del monitoreo fuera de dos épocas del año: época de invierno y verano. En la práctica el período de estudio se ha desarrollado para la época de verano desde el 21 al 31 de octubre, continuando hasta el 01 de noviembre del 2015, y para la época de invierno desde el día 16 hasta el 27 de mayo del 2016. Haciendo uso de un equipo automático Alto Volumen y tren de muestreo por soluciones.

### 2.2.8. Frecuencia de muestreos

La frecuencia de muestreo en cada punto seleccionado es 2 veces a lo largo de la duración del estudio de monitoreo, pero en conjunto, para todo el ámbito espacial de la investigación, la frecuencia ha sido 2 muestreos durante 02 épocas del año, (invierno y verano), en los meses de (octubre-noviembre del 2015 y mayo del 2016). Con 02 repeticiones continuas en cada estudio y época del año.

### 2.2.9. Tiempo de toma de muestras para Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.

El tiempo de toma de muestras consistió en 24 horas continuas tal como se detalla en las Tablas 17 y 19. Para ambas épocas de muestreo.

### 2.2.10. Selección del equipo de muestreo

El equipo utilizado para el presente estudio de la calidad del aire es el equipo de tipo automático Staplex- modelo PM10-2. Método de Referencia (RFPS1287-063 (de la empresa SERVITA EIRL).

### 2.2.11. Principio de muestreo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>. Época de verano-2015

El método consiste en hacer pasar aire ambiente a una tasa de flujo de aproximadamente 1 metro cúbico por minuto a través de un filtro de fibra de vidrio montado bajo una cubierta protectora que evita que caiga material directamente sobre el filtro. El muestreo se lleva a cabo de manera continua durante 24 horas. El muestreo se realizó desde el 21/10/15 hasta el 01/11/15. Tal como se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Tiempo de muestreo de material particulado época de verano-octubre-noviembre-2015.*

PUNTOS	DIAS DE ESTUDIO	HORA DE INICIO/FIN	HORAS	W: FILTRO (g)
P1	A*	21/10/2015	i: 7:00 am, f: 7:00 am	Wi: 4.35800-Wf: 4.35660
	B**	22/10/2015	i: 7:15 am, f: 7:15 am	24 Wi: 4.34600-Wf: 4.34498
P2	A*	23/10/2015	i: 7:50 am, f: 7:50 am	Wi: 4.38300-Wf: 4.38181
	B**	24/10/2015	i: 8:00 am, f: 8:00 am	24 Wi: 4.34400-Wf: 4.34309
P3	A*	25/10/2015	i: 8:15 am, f: 8:15 am	Wi: 4.45590-Wf: 4.45479
	B**	26/10/2015	i: 8:30 am, f: 8:30 am	24 Wi: 4.27930-Wf: 4.27849
P1	A*	27/10/2015	i: 9:00 am, f: 9:00 am	Wi: 4.35791-Wf: 4.35650
	B**	28/10/2015	i: 9:15 am, f: 9:15 am	24 Wi: 4.34582-Wf: 4.34482
P2	A*	29/10/2015	i: 9:50 am, f: 9:50 am	Wi: 4.38295-Wf: 4.38170
	B**	30/10/2015	i: 10:00 am, f: 10:00 am	24 Wi: 4.34390-Wf: 4.34297
P3	A*	31/10/2015	i: 10:30 am, f: 10:30 am	Wi: 4.45600-Wf: 4.45469
	B**	01/11/2015	i: 10:45 am, f: 10:45 am	24 Wi: 4.27930-Wf: 4.27838

Fuente: Elaboración propia, 2018.

\*Punto ubicado a una altura de 1.5 mt

\*\*Punto ubicado a una altura de 6 a 8 mt

Wi: Peso inicial del filtro

Wf: Peso final del filtro

### 2.2.12. Tiempo y muestreo de gases con equipo Tren de Muestreo. Época de verano-2015.

El tiempo y muestreo para gases se detalla en las tablas 18 y 20 para ambas épocas del año.

El proceso de medición consiste básicamente de una bomba de succión, un manómetro, frascos dreschel, soluciones captadoras y mangueras de tygon que unen el sistema entre sí. El contaminante a muestrearse depende de la solución captadora. El procedimiento es el siguiente:

- Previamente proveer al sistema con los reactivos necesarios, con los guantes denitrilo puestos.
- En el lugar de muestreo activar la bomba de succión durante un tiempo respectivo para cada contaminante a muestrear.
- Luego la muestra es llevada al laboratorio para el respectivo análisis químico.

**Tabla18**

*Tiempo y muestreo de gases-época de verano-octubre-nov-2015.*

PUNTOS	DIAS DE ESTUDIO	GASES	HORAS	MÉTODO DE ANÁLISIS
P1	A* 21/10/2015	SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
		CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
P1	B** 22/10/2015	SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
		CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
P2	A* 23/10/2015	SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
		CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
P2	B** 24/10/2015	SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
		CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
P3	A* 25/10/2015	SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
		CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
P3	B** 26/10/2015	SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
		CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
P3	A* 27/10/2015	SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)



P1	B**	28/10/2015	CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
			SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
A*	29/10/2015	CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)	
		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)	
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)	
P2	B**	30/10/2015	CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
			SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
A*	31/10/2015	CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)	
		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)	
		NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)	
P3	B**	01/11/2015	CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
			SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.13. Muestreo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>. época de invierno-2016.

El muestreo del presente estudio se realizó desde el día 16 al 27 del mes de mayo del año 2016. Como se muestra en la tabla N° 19.

**Tabla 19**

*Tiempo y Muestreo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>. Época de invierno-2016.*

PUNTOS	DIAS DE ESTUDIO	HORA DE INICIO/FIN	HORAS (24)	W Filtro (g)
P1	A*	16/05/2016	i: 7:00 am, f: 7:00 am	Wi: 4.22447-Wf: 4.22357
	B**	17/05/2016	i: 7:15 am, f: 7:15 am	Wi: 4.35880-Wf: 4.35811
P2	A*	18/05/2016	i: 7:50 am, f: 7:50 am	Wi: 4.39821-Wf: 4.39710
	B**	19/05/2016	i: 8:00 am, f: 8:00 am	Wi: 4.31315-Wf: 4.31240
P3	A*	20/05/2016	i: 8:15 am, f: 8:15 am	Wi: 4.28315-Wf: 4.28225
	B**	21/05/2016	i: 8:30 am, f: 8:30 am	Wi: 4.34810-Wf: 4.34740
P1	A*	22/05/2016	i: 9:00 am, f: 9:00 am	Wi: 4.22430-Wf: 4.22347
	B**	23/05/2016	i: 9:15 am, f: 9:15 am	Wi: 4.35870-Wf: 4.35817
P2	A*	24/05/2016	i: 9:50 am, f: 9:50 am	Wi: 4.39820-Wf: 4.39710
	B**	25/05/2016	i: 10:00 am, f: 10:00 am	Wi: 4.31316-Wf: 4.31240
P3	A*	26/05/2016	i: 10:30 am, f: 10:30 am	Wi: 4.28315-Wf: 4.28225
	B**	27/05/2016	i: 10:45 am, f: 10:45 am	Wi: 4.34801-Wf: 4.34740

Fuente: Elaboración propia, 2018.

\*punto ubicado a una altura de 1.5 mt

\*\*punto ubicado a una altura de 6 a 8 mt

Wi: Peso inicial del filtro: Wf: Peso final del filtro

### 2.2.14. Muestreo de gases época de invierno-2016

El muestreo del presente estudio se realizó desde el día 16 hasta el 27 del mes de mayo del año 2016. Como se muestra en la tabla 21

**Tabla 20***Tiempo y muestreo de gases-época de invierno-mayo-2016.*

PUNTOS	DIAS DE ESTUDIO		GASES	HORAS	MÉTODO DE ANÁLISIS
A*	16/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
B**	17/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
A*	18/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
B*	19/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
A*	20/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
B**	21/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
A*	22/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
B**	23/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
A*	24/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
B**	25/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
A*	26/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)
B**	27/05/2016		SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia UV (método automático)
			NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
			CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)

Fuente: Elaboración propia, 2018.

\*punto ubicado a una altura de 1.5 mt -\*\*punto ubicado a una altura de 6 a 8 mt

Wi: Peso inicial del filtro- Wf: Peso final del filtro.

### 2.3. Procedimiento de muestreo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.

El procedimiento de muestreo ha sido el siguiente para cada punto:

- Selección del filtro, verificación de su buen estado de conservación y rotulación.
- Uso de guantes de nitrilo es obligatorio durante todas las etapas de manipulación del filtro.
- Pesado de filtro sin usar (nuevo), en el laboratorio, y registro de su peso inicial.

- Ubicación del punto de muestreo.
- Obtención de energía eléctrica (agenciarse de generador)
- Traslado del equipo al punto de muestreo.
- Posicionamiento del equipo.
- El filtro es pre pesado (peso inicial) para fines de cálculo de partículas
- Colocación del filtro, previamente pesado y con el lado áspero hacia fuera, en el cabezal del equipo Alto Volumen.
- Ensamblado total del equipo de muestreo.
- Establecimiento de los parámetros de funcionamiento del equipo de muestreo: flujo de aire (en el equipo automático la lectura es directa:  $0,275 \text{ m}^3/\text{min}$ , se selecciona 24 h en el controlador de tiempo.
- Encendido del equipo de muestreo y revisión de su funcionamiento normal.
- Toma de datos meteorológicos: temperatura ambiental y presión atmosférica (o altitud).
- Registro de información inicial: rótulo y peso inicial del filtro, ubicación del punto de muestreo, lectura inicial del flujo (directa o de la altura de presión, del equipo automático, fecha y hora inicial de funcionamiento.
- Lectura y registro de información final, luego de 24 horas de funcionamiento del equipo.
- Apagado del equipo de muestreo, luego de 24 horas de funcionamiento
- Desensamblado del equipo de muestreo.
- Recuperación del filtro usado: revisión del filtro para detectar signos de fugas de aire o daños físicos que pudieran haber ocurrido durante el muestreo, retiro cuidadoso del filtro, colocación dentro de una bolsa protectora especial rotulada y envío al laboratorio.
- Realización de los análisis correspondientes en un laboratorio y registro de las determinaciones: peso final del filtro u otras.
- Finalmente se traslada el filtro en un sobre cerrado (con su respectiva hoja de campo) hacia el laboratorio para su post pesado.
- Cálculos de los parámetros de las partículas  $\text{PM}_{2.5}$ .
- La concentración de las partículas suspendidas totales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se calcula determinando el peso gravimétrico de la masa recolectada y el volumen del aire muestreado.

## 2.4. Técnicas de análisis de muestras de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.

**2.4.1. Concentración de partículas en suspensión PM<sub>2.5</sub>.** Se pesó el filtro nuevo (antes del muestreo) y usado (luego del muestreo); por diferencia de pesos se obtuvo el peso de partículas filtradas. El volumen estándar de aire filtrado se obtuvo por lectura directa del equipo automático. El parámetro PM<sub>2.5</sub> se obtuvo por división del peso de partículas filtradas entre el volumen estándar.

**2.4.2. Peso del material particulado en suspensión.** El peso se determinó mediante gravimetría usando una balanza analítica. Con los datos del peso del material particulado en suspensión y las características y parámetros de funcionamiento del equipo registrados se calculó los parámetros de PM<sub>2.5</sub> aplicando la siguiente fórmula, (MEM, 1994, p. 169).

$$C(\mu\text{g} / \text{m}^3) = \frac{(W_f - W_i)}{V(\text{std.m}^3)} \times 10^6$$

**Donde:**

W<sub>i</sub> = Peso inicial del filtro en gr.

W<sub>f</sub> = Peso final del filtro en gr.

V(std.m<sup>3</sup>) = Volumen estándar en m<sup>3</sup>.

## 2.5. Métodos de referencia para gases: SO<sub>2</sub> NO<sub>2</sub> y CO.

**a). Método de referencia para Monóxido de Carbono (CO).** Se aplica el método del arsenito de sodio. El muestreo del dióxido de nitrógeno contenido en el aire se realiza mediante un tren de muestreo, provisto de un burbujeador de vidrio poroso, por el cual la muestra de aire se somete a través de una solución absorbente alcalina de arsenito de sodio, y el periodo de muestreo es de una (01) hora.

**b). Método de referencia para Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).** Se aplica el método de la Parasnilina (40 CFR Appendix A-2 to Part 50, Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method). El

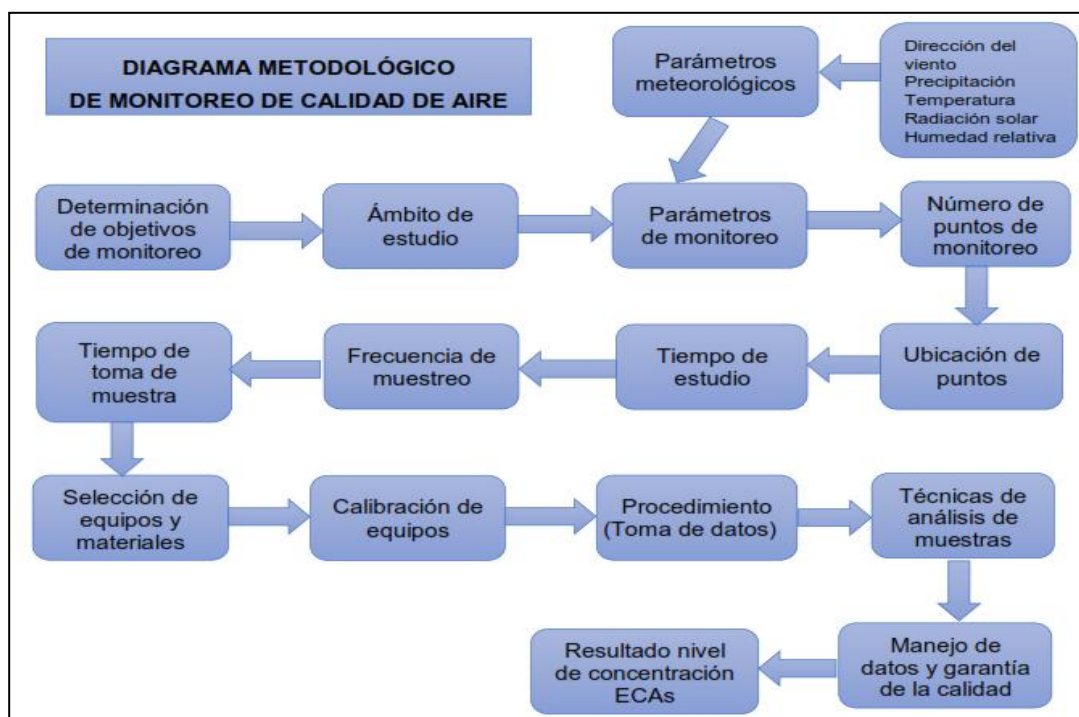
método de muestreo consiste en absorber el dióxido de azufre contenido en el aire en una solución de tetracloromercurato de potasio (TCM) para formar un complejo de diclorosulfito de mercurato. El equipo de muestreo que se utiliza es el tren de muestreo que consiste en un absorbedor sencillo, una bomba de succión de aire y un medidor de flujo. Además, el periodo de muestreo es de 24 h. [https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-2\\_to\\_part\\_50](https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-2_to_part_50)

### c). Método de muestreo de Monóxido de Carbono (CO)

Para el muestreo de este gas se empleará trenes de muestreo (método dinámico) donde se atrapa el gas en solución captadora; el flujo de muestreo es de 1,5 lt/minuto por un período de una (01) hora. El análisis se realiza por turbidimetría. Los resultados serán expresados en microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## 2.6. Esquema metodológico de monitoreo

En general el procedimiento de muestreo para el desarrollo del presente estudio se resume en el siguiente diagrama propuesto.



Fuente: Elaborado por Herrera Díaz S.

## 2.7. Parámetros meteorológicos.

Para el presente estudio se registraron los parámetros meteorológicos: Temperatura ambiental, precipitación y dirección y velocidad del viento. Estos parámetros han sido obtenidos de los datos registrados en la estación meteorológica de la provincia de Rioja, administrada por el Servicio Nacional de Meteorología y Climatología, (SENAMHI, 2017).

## 2.8. Evaluación de impactos ambientales potenciales.

El método utilizado es el método de matriz interactiva simple desarrollado por Leopold *et al.* (1971), (Espinoza G, 2002, p. 174). El procedimiento fue el siguiente:

- a). Se identificó la acción generadora de impactos ambientales potenciales, la misma que fue el “proceso de inmisión de partículas en suspensión”: Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.
- b). Se enumeró todos los factores ambientales pertinentes del entorno y se agruparon de acuerdo a tres categorías: abióticos, biológicos y socioeconómicos culturales.
- c). Se identificó todas las interacciones entre la acción y los factores ambientales; como resultado se obtuvo la “matriz de identificación de incidencias”.
- d). Se describió las interacciones en términos de impactos positivos (beneficioso) o negativos (dañinos) para la evaluación de impactos ambientales
- e). Se construyó la “matriz de significancia de calidad ambiental” producto de las incidencias identificadas en relación al total de incidencias posibles el cual resume el nivel de impacto de los contaminantes para Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.
- f). Para ponderar los impactos ambientales potenciales se propuso una tabla de ponderación de impactos. Como se muestra en la tabla N° 21

**Tabla 21***Valoración escalar de impactos ambientales potenciales.*

Criterios de Evaluación	Símbolo	Escala Jerárquica	Ponderación de Impactos	
		Cualitativa	Negativos	Positivos
Tipo de impacto	TI	Positivo		+
		Negativo	-	
		Baja (B)	1	1
Magnitud	M	Moderada (M)	2	2
		Alta (A)	3	3
		Temporal (T)	1	1
Duración	D	Moderada (M)	2	2
		Permanente (P)	3	3
		Baja (B)	1	
Mitigabilidad *	MI	Moderada (M)	2	
		Alta (A)	3	
		No mitigable	4	
		Baja (B)	2-4	2-4
Significancia**	S	Moderada (M)	5-7	5-7
		Alta (A)	8-10	8-9

Fuente Elaboración propia

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Fuentes de generación de contaminantes atmosféricos

Las fuentes de generación de los contaminantes, identificadas dentro del ámbito de estudio del presente proyecto de investigación se presentan en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Fuentes de generación de contaminantes.*

N°	Descripción	Clasificación
01	Vías de circulación	- Vía pavimentada. Carretera Fernando Belaunde Terry. - Vías no pavimentadas. Avenidas y calles de la localidad de Segunda Jerusalén.
02	Medios de transporte	- Vehículos motorizados. Camión, combi, auto, motokar, motocicleta lineal, etc. - Vehículos no motorizados. Bicicletas
03	Actividades económicas	- Empresa de Cementos Selva S.A. - Piladoras de arroz - Carpinterías.
04	Obras civiles	- Ladrilleras ubicadas en la zona - Pollerías - Trabajos de mejoramiento de vías. - Construcción de viviendas. - Mejoramiento de calles.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

##### 3.1.2. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de verano-2015-Primera Repetición

###### 3.1.2.1. Resultados de concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>. para la época de verano-2015-Primera Repetición

- Los resultados del estudio del Material Particulado en suspensión PM<sub>2.5</sub>, se obtuvieron en dos etapas: en la primera etapa se muestreó el aire en la época de invierno con 2 repeticiones y la segunda etapa se muestreó el aire en la época de verano con 2 repeticiones. Los puntos de monitoreo



son los que se indican en la tabla 17. En este caso el único análisis realizado fue el peso del Material Particulado de tamaño igual o menor a 2.5  $\mu\text{m}$ .

Para el cálculo de  $\text{PM}_{2.5}$ , se aplicó la fórmula siguiente:

$$C(\mu\text{g} / \text{m}^3) = \frac{(W_f - W_i)}{V(\text{std.m}^3)} \times 10^6$$

**Donde:**

$W_i$  = Peso inicial del filtro en gr.

$W_f$  = Peso final del filtro en gr.

$V(\text{std.m}^3)$  = Volumen estándar en  $\text{m}^3$

- Los resultados sobre Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , son los que se muestran en la tabla N° 24, para la primera repetición, época de verano, donde indica una concentración de Partículas de tamaño igual o menor que 2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con mayor concentración en los puntos ubicados a nivel de suelo punto P1A, con una concentración de 22.58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , P2A con 20.17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y P3A con 16.82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Siendo el punto PA1, el de mayor concentración.
- Los resultados de los puntos ubicados a alturas superiores entre 6 a 8 mt, que se muestran en la tabla N° 24, presenta concentraciones en los puntos P1B con 16.72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , P2B con 15.69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y P3B con 11.74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De la misma manera el P1B es el de mayor concentración.
- Los Estándares de Calidad de Aire (ECAs), definidos en el último D.S N° 003-2017-MINAM, con nivel de concentración de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En todos los puntos de control se encuentran por debajo de los (ECAs) establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú. Esto quiere decir que la concentración de Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , no representa riesgo significativo para la salud y el ambiente.

- Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), la concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , el valor es de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin embargo, en los puntos P1A, con concentración de  $22.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y P2A y  $20.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentración está muy cerca del nivel y estaría presentando un riesgo significativo para la salud y el ambiente. Según la (OMS, 2014. P. 06), estima que para cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de incremento de  $PM_{10}$  hay un exceso de riesgo de muerte de 0,5%. No hay un límite de “no efecto” para los contaminantes más estudiados ( $PM_{10}$ ;  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , y  $O_3$ )

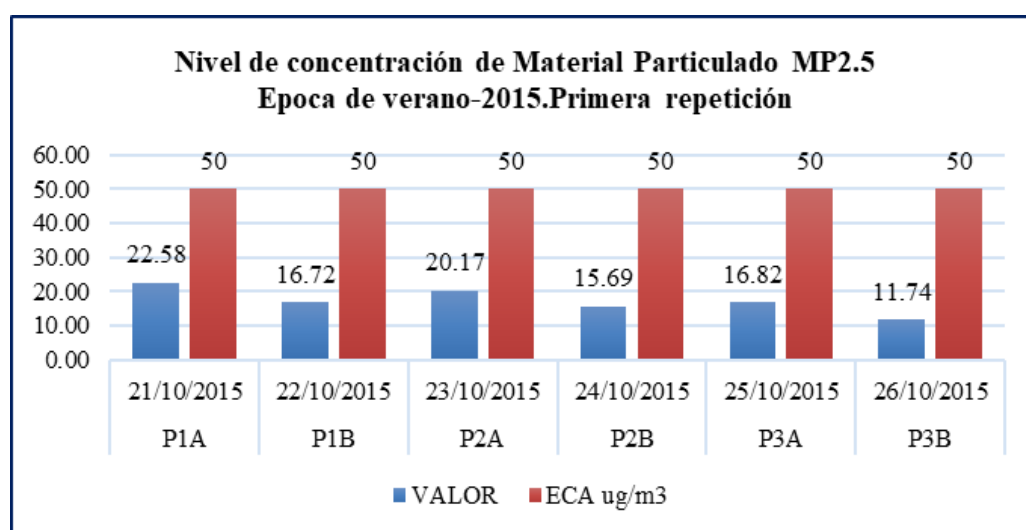
**Tabla 23**

*Resultados del análisis del peso de partículas  $PM_{2.5}$  para la época de verano-2015. Primera Repetición.*

N.º	DESCRIPCIÓN	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3	
		PA1	PB2	PA3	PB4	PA5	PB6
1	Rótulo del filtro						
2	Peso inicial del filtro (gramos)	4.35660	4.34498	4.38181	4.34309	4.45479	4.27849
3	Peso final del filtro (gramos)	4.35800	4.34600	4.38300	4.34400	4.45590	4.27930
4	Peso de Material Particulado en suspensión (gramos) = (3) – (2)	0.0014	0.00102	0.00119	0.00091	0.00111	0.00081
5	Volumen estándar ( $\text{m}^3$ ) (*)	62	61	59	58	66	69
6	$PM_{2.5} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = (4) \times 1.000.000 \div (5)$	22.58	16.72	20.17	15.69	16.82	11.74
7	Temperatura ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ )	25.80	25.60	26.70	26.90	26.20	26.30

(\*) El volumen estándar es obtenido por lectura directa en el equipo, a  $25^{\circ}\text{C}$  y 760 mm Hg.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 12.** Nivel de concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ . Verano-2015. Primera Repetición.

Análisis: En la presente figura, se evidencia que la mayor concentración de Material PM<sub>2.5</sub>, a nivel de suelo se ubica en el punto P1A, con 22.58 µg/m<sup>3</sup> y a alturas superiores entre 6 a 8 mt, la mayor concentración es en el P1A con 22.58 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.1.2.2. Resultados sobre la concentración de gases SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO. para la época de verano-2015-Primera Repetición

- Para el estudio de contaminantes atmosféricos como son el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), (Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO), se obtuvieron en dos etapas: en la primera se muestreó el aire en la época de invierno con 2 repeticiones y la segunda etapa se muestreó el aire en la época de verano con 2 repeticiones. Los puntos de monitoreo son los mismos los que se indican en la tabla 17. En este caso el procedimiento de muestreo se utilizó el equipo Tren de muestreo por soluciones. Cuyos métodos de referencia se detallan en la tabla 24 y los resultados en la tabla 24, para la época de verano primera repetición.

**Tabla 24**

*Métodos de referencia de análisis de gases.*

GASES	HORAS	MÉTODO DE ANÁLISIS
PM <sub>2.5</sub>	24	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
SO <sub>2</sub>	24	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
NO <sub>2</sub>	1	Quimioluminiscencia (Método automático)
CO	8	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método (automático)

Fuente: D.S N° 003-2017-MINAM.

- Los resultados de los contaminantes de gases para Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), son los que se muestran en la tabla N° 25, para la época de verano primera repetición. Se muestra una concentración uniforme en todos los puntos con una concentración de >1.2 µg/m<sup>3</sup>, Para puntos ubicados a nivel de superficie de suelo y a alturas entre 6 a 8 mt.
- Los resultados de los contaminantes de gases para, Dióxido de Nitrógeno, (NO<sub>2</sub>), son los que se muestran en la tabla N° 25, para la época de verano primera repetición. La cual se muestra una concentración uniforme en todos los puntos con una concentración de

>1.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Para puntos ubicados a nivel de superficie de suelo y a alturas entre 6 a 8 mt.

- Los resultados de los contaminantes de gases para Monóxido de Carbono (CO), son los que se muestra en la tabla N° 26, para la época de verano primera repetición. Muestra una mayor concentración en el punto PA1 con 81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido de 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Los resultados para alturas entre 6 a 8 mt, la mayor concentración se encuentra en el PB2 con 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para la (OMS, 2014. p. 06), estima que no hay un límite de “no efecto” para los contaminantes más estudiados ( $\text{PM}_{10}$ ;  $\text{PM}_{2,5}$ ;  $\text{NO}_2$ ;  $\text{SO}_2$ ; y  $\text{O}_3$ ).

### Tabla 25

*Resultado Nivel de concentración de gases.*

*Época de verano-2015. Primera repetición.*

FECHA	PUNTOS	PARAMETROS		
		$\text{SO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\text{NO}_2$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
21/10/2015	A1	>1.2	>1.2	81
22/10/2015	B2	>1.2	>1.2	46
23/10/2015	A3	>1.2	>1.2	70
24/10/2015	B4	>1.2	>1.2	34
25/10/2015	A5	>1.2	>1.2	48
26/10/2015	B6	>1.2	>1.2	29

Fuente: Empresa SERVITA EIRL, 2017.

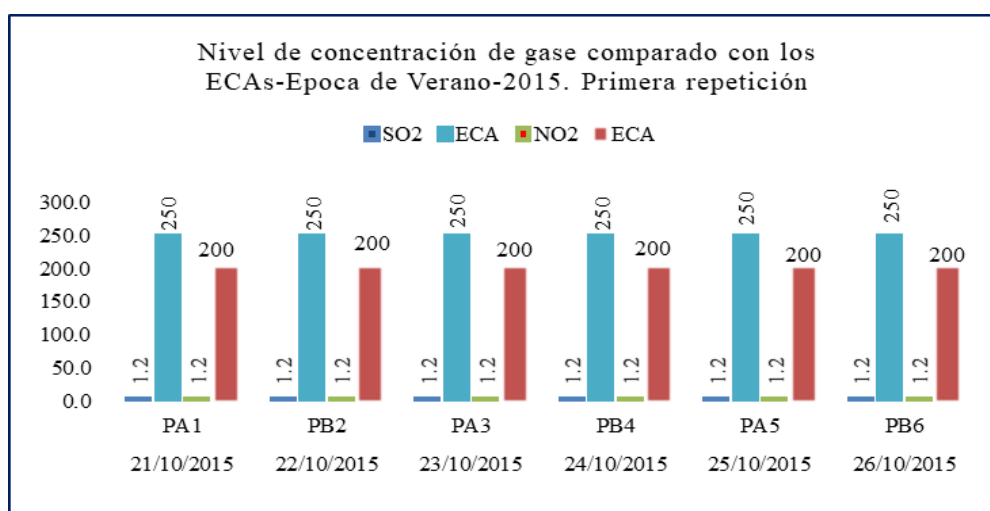
### Comparación de los resultados con los ECAs nacionales-Época de verano primera repetición

Haciendo una comparación de los resultados de concentración de gases de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  y CO, con los Estándares de Calidad del Aire, D.S N° 003-2017-MINAM. El cual se resume en la tabla N° 26, para la época de verano primera repetición, demostrándose que en todos los puntos tanto a nivel de superficie de suelo y a alturas entre 6 a 8 mt, el nivel de concentración de gases se encuentra por debajo de los Estándares Nacionales.

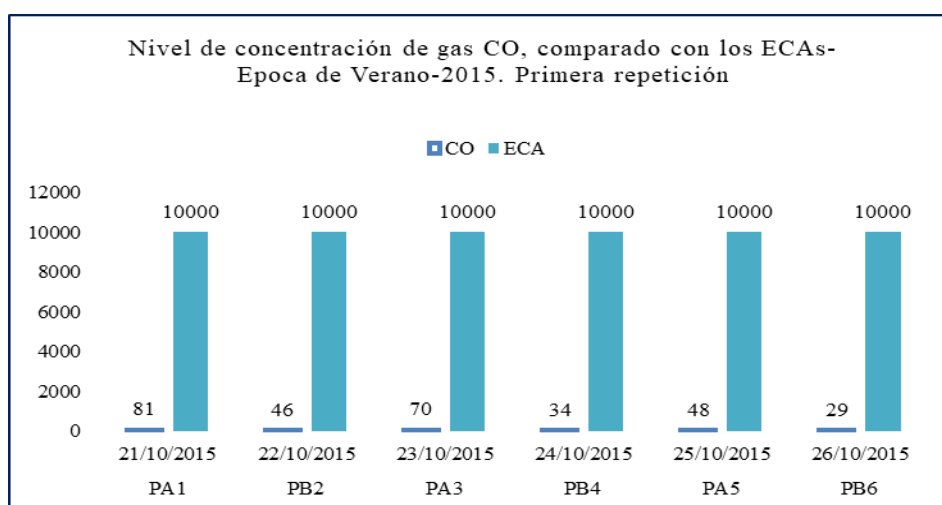
**Tabla 26***Comparación con los ECAs nacionales-Época de verano-2015*

FECHA	PUNTOS	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs	CO (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs
21/10/2015	PA1	>1.2	250	24	>1.2	200	1	81	10000	8
22/10/2015	PB2	>1.2	250	24	>1.2	200	1	46	10000	8
23/10/2015	PA3	>1.2	250	24	>1.2	200	1	70	10000	8
24/10/2015	PB4	>1.2	250	24	>1.2	200	1	34	10000	8
25/10/2015	PA5	>1.2	250	24	>1.2	200	1	48	10000	8
26/10/2015	PB6	>1.2	250	24	>1.2	200	1	29	10000	8

Fuente: Empresa SERVITA EIRL, 2017.

**Figura 13.** Nivel de concentración de gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>. Verano-Primera repetición.

**Análisis.** Como se aprecia en la presente figura, se muestra que los gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, presentan valores uniformes en todos los puntos y se encuentran por debajo de los ECAs nacional.

**Figura 14.** Nivel de concentración de gas CO. Verano Primera repetición.

**Análisis.** En la presente figura 14, se aprecia que, para el gas de CO, presentan mayores valores en los puntos ubicados a nivel de superficie de suelo con  $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores que no superan los ECAs y con menor concentración en los puntos ubicados en alturas de 6 a 8 mt con  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.

### **3.1.3. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de verano-2015.Segunda Repetición**

#### **3.1.3.1. Resultados sobre la concentración de Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$ . Segunda Repetición**

- Los resultados sobre Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , son los que se muestran en la tabla 28, para la segunda repetición época de verano, donde indica una concentración de Partículas de tamaño igual o menor que  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con mayor concentración en los puntos ubicados a nivel de suelo punto P1A, con una concentración de  $21.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , P2A con  $23.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y P3A con  $19.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Siendo el punto PA1, el de mayor concentración.
- Los resultados sobre Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , de los puntos ubicados a alturas superiores entre 6 a 8 mt, se muestran en la tabla N° 28, presentan concentraciones en los puntos P1B con  $16.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , P2B con  $15.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y P3B con  $11.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De la misma manera el P1B es el de mayor concentración.
- Para la (OMS, 2005. p. 09), como indicador,  $\text{MP}_{10}$ , comprende la masa de partículas que entra al tracto respiratorio y abarca tanto las partículas gruesas ( $\text{MP}_{10}$ - $\text{MP}_{2.5}$ ) como las finas ( $\text{MP}_{2.5}$ ), que se estima que contribuyen a los efectos sobre la salud que se observan en los ambientes urbanos, la (OMS, 2014. p. 11), menciona que los niveles más bajos de concentración son de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{MP}_{2.5}$ , con los cuales se han demostrado con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón aumenta en respuesta la exposición prolongada al  $\text{PM}_{2.5}$ , como valor medio anual.

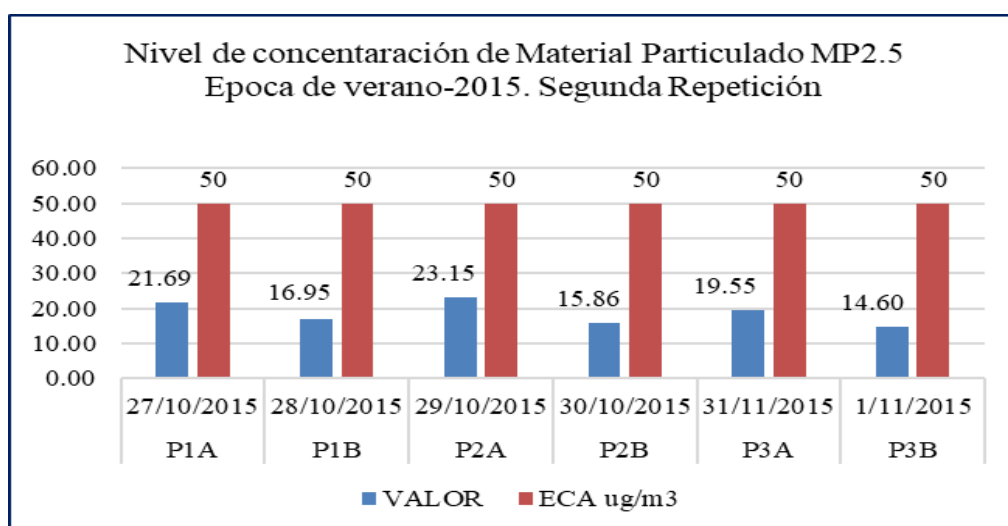
**Tabla 27**

*Resultados del análisis del peso de partículas PM<sub>2.5</sub> para la época de verano-2015. Segunda Repetición.*

N°	DESCRIPCIÓN	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3	
		A1	B2	A3	B4	A5	B6
1	Rótulo del filtro						
2	Peso inicial del filtro (gramos)	4.35650	4.34482	4.38170	4.34298	4.45469	4.27838
3	Peso final del filtro (gramos)	4.35791	4.34582	4.38295	4.34390	4.45600	4.27930
4	Peso de Material Particulado en suspensión (gramos) = (3) – (2)	0.00141	0.001	0.00125	0.00092	0.00131	0.00092
5	Volumen estándar (m <sup>3</sup> ) (*)	65	59	54	58	67	63
6	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) = (4) x 1.000.000 ÷ (5)	21.69	16.95	23.15	15.86	19.55	14.60
7	Temperatura ambiental (°C)	25.20	20.00	25.40	25.60	26.10	25.70

(\*) El volumen estándar es obtenido por lectura directa en el equipo, a 25°C y 760 mm Hg.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 15.** Nivel de concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>. Verano Segunda Repetición.

Análisis: En la presente figura, se aprecia la distribución de la concentración de Partículas PM<sub>2.5</sub>, en los puntos ubicados a nivel de suelo con mayor concentración en el punto P1A. Para los puntos a alturas superiores entre 6 a 8 mt, presentan concentraciones en el P1B con 16.95 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.1.3.2. Resultados sobre la concentración de gases SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO. Segunda Repetición.

- Para el estudio de contaminantes atmosféricos como son el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), (Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO), para la segunda repetición se muestreó el aire en los mismos puntos

los que se indican en la tabla 17. En este caso el procedimiento de muestreo se utilizó el equipo Tren de muestreo por soluciones. Cuyos métodos de referencia se detallan en la tabla 25 y los resultados se muestran en la tabla 29.

- Los resultados de los contaminantes de gases para Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), son los que se muestran en la tabla 29, el cual se muestra una concentración uniforme en todos los puntos con una concentración de >1.2 µg/m<sup>3</sup>. Para puntos ubicados a nivel de superficie de suelo y a alturas entre 6 a 8 mt.
- Para la (OMS, 2005, P. 19), Estudios controlados con asmáticos que hacen ejercicio indican que algunos de ellos experimentan cambios en la función pulmonar y síntomas respiratorios después de periodos de exposición breves, incluso de 10 minutos. Con base en esta evidencia, se recomienda que no se exceda un valor de 500 µg/m<sup>3</sup> por periodos promedio de 10 minutos. Debido a que la exposición a elevaciones bruscas depende de la naturaleza de las fuentes locales y de las condiciones meteorológicas, no se puede aplicar a este valor un factor único que permita estimar los valores guía correspondiente a lapsos más prolongados como, por ejemplo, una hora.
- Los resultados de los contaminantes de gases para, Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), son los que se muestran en la tabla 29, el cual se muestra una concentración uniforme en todos los puntos con una concentración de >1.2 µg/m<sup>3</sup>. Para puntos ubicados a nivel de superficie de suelo y a alturas entre 6 a 8 mt.
- Según la (OMS, 2005, P. 17), menciona que numerosos estudios toxicológicos experimentales de corto plazo, en seres humanos, demuestran efectos agudos sobre la salud con niveles, y un meta análisis ha señalado efectos a niveles mayores de 200 µg/m<sup>3</sup> superiores a 500 µg/m<sup>3</sup>. La literatura científica actual no ha acumulado evidencia para apartarse del valor guía de la OMS: 200 µg/m<sup>3</sup> de concentración de NO<sub>2</sub> de 1 hora.
- Los resultados de los contaminantes de gases para Monóxido de Carbono (CO), son los que se muestra en la tabla 29, la cual se muestra una mayor concentración en el punto PA1 a nivel de superficie de suelo con una concentración de 85 µg/m<sup>3</sup>, seguido de 64 µg/m<sup>3</sup> y 43 µg/m<sup>3</sup>.



- Los resultados para alturas de 6 a 8 mt, la mayor concentración se encuentra en el PB2 con una concentración de 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Según la (OMS, 2004. p. 25), menciona que las concentraciones ambientales naturales de CO oscilan entre 0,01 y 0,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (OMS, 1994a). En las zonas urbanas, las concentraciones medias durante ocho horas generalmente son inferiores a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y los niveles pico de una hora usualmente son inferiores a 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones más altas normalmente se miden cerca de las vías principales, ya que los vehículos son la principal fuente de CO. Las concentraciones de CO, pueden ser altas en los vehículos, estacionamientos subterráneos, túneles y otros ambientes interiores donde los motores de combustión funcionan con ventilación inadecuada. En estas circunstancias, las concentraciones medias de CO, pueden llegar a 115  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  durante varias horas. En las casas donde se usan sistemas de calefacción de combustión sin salida de gases, las concentraciones pico pueden llegar hasta 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (OMS, 1994a).

**Tabla 28**

*Resultado del Nivel de concentración de gases-Época de verano-2015. Segunda repetición.*

FECHA	PUNTOS	PARAMETROS		
		SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
27/10/2015	A1	>1.2	>1.2	85
28/10/2015	B2	>1.2	>1.2	41
29/10/2015	A3	>1.2	>1.2	64
30/10/2015	B4	>1.2	>1.2	40
31/10/2015	A5	>1.2	>1.2	43
01/11/2015	B6	>1.2	>1.2	26

Fuente: Empresa SERVITA EIRL, 2017.

### **Comparación de los resultados con los ECAs nacionales-Época de verano. Segunda Repetición**

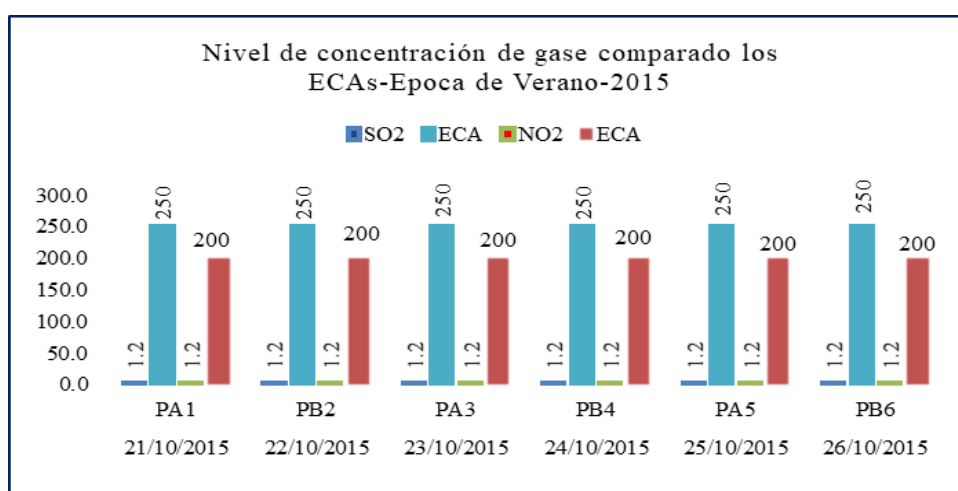
Haciendo una comparación de los resultados de concentración de los gases de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO, con los Estándares de Calidad del Aire, de acuerdo al D.S N° 003-2017-MINAM. El cual se resume en la tabla 30, demostrándose que en todos los puntos tanto a nivel de superficie de suelo y a alturas entre 6 a 8 mt, el nivel de concentración de gases se encuentra por debajo de los Estándares Nacionales.

**Tabla 29**

*Comparación con los ECAs nacionales-Época de verano-2015. Segunda repetición.*

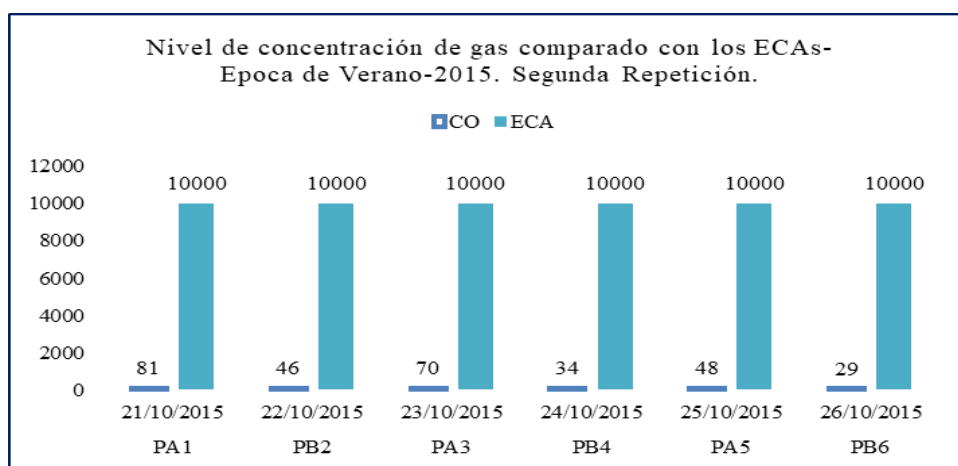
FECHA	PUNTOS	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs	CO (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs
27/10/2015	PA1	>1.2	250	24	>1.2	200	1	85	10000	8
28/10/2015	PB2	>1.2	250	24	>1.2	200	1	41	10000	8
29/10/2015	PA3	>1.2	250	24	>1.2	200	1	64	10000	8
30/10/2015	PB4	>1.2	250	24	>1.2	200	1	40	10000	8
31/10/2015	PA5	>1.2	250	24	>1.2	200	1	43	10000	8
01/11/2015	PB6	>1.2	250	24	>1.2	200	1	26	10000	8

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 16.** Nivel de concentración de gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>. Verano -Segunda repetición.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que los gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, presentan valores uniformes en todos los puntos y se encuentran por debajo de los ECAs nacional.



**Figura 17.** Nivel de concentración de gas CO. Época de Verano- Segunda repetición-2015.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que el gas de CO, presentan mayores valores en los puntos ubicados a nivel de superficie de suelo con valores de  $81\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $70\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $48\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores que no superan los ECAs y con menor concentración en los puntos ubicados en alturas de 6 a 8 mt que son de  $46\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $34\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $29\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, el mismo que no supera también los ECAs nacional, ni internacional.

### **3.1.4. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de invierno-2016. Primera Repetición**

#### **3.1.4.1. Resultados de concentración de Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$ . Época de invierno. Primera repetición**

- Los resultados del estudio del Material Particulado en suspensión  $\text{PM}_{2.5}$ , se obtuvieron en los mismos puntos ubicados en la época de verano, la cual se indica en la tabla N° 17. Desarrollado bajo la misma metodología de toma de datos y con 2 repeticiones. El único análisis realizado fue el peso del Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ . Para el cálculo se aplicó la misma fórmula utilizada en la época de verano. Cuyos resultados sistematizados se muestran en las tablas N° 30 y tabla N° 33, para cada repetición.
- Los resultados de la concentración de Partículas  $\text{PM}_{2.5}$  en los puntos ubicados a nivel de superficie de suelo presentan mayores concentraciones en los puntos PA3, con  $17.90\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PA1 con  $16.67\mu\text{g}/\text{m}^3$  y PA5 con  $12.27\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Los resultados para los puntos ubicados a alturas de 6 a 8 mt presentan concentraciones en el PB2 con  $12.11\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PB4 con  $11.19\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el PB6 con  $9.86\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Como se muestra en la tabla N° 31.
- Para la (OMS, 2005, p. 8), menciona que el rango más bajo de concentraciones que ejercen efectos adversos demostrados no es muy superior a la concentración base, la que se ha estimado en  $3-5\mu\text{g}/\text{m}^3$  en

Estados Unidos y Europa Occidental, en el caso de partículas menores de 2,5 micrómetros,  $MP_{2.5}$ . La evidencia epidemiológica demuestra efectos adversos de las partículas luego de exposiciones tanto de corto plazo como de largo plazo.

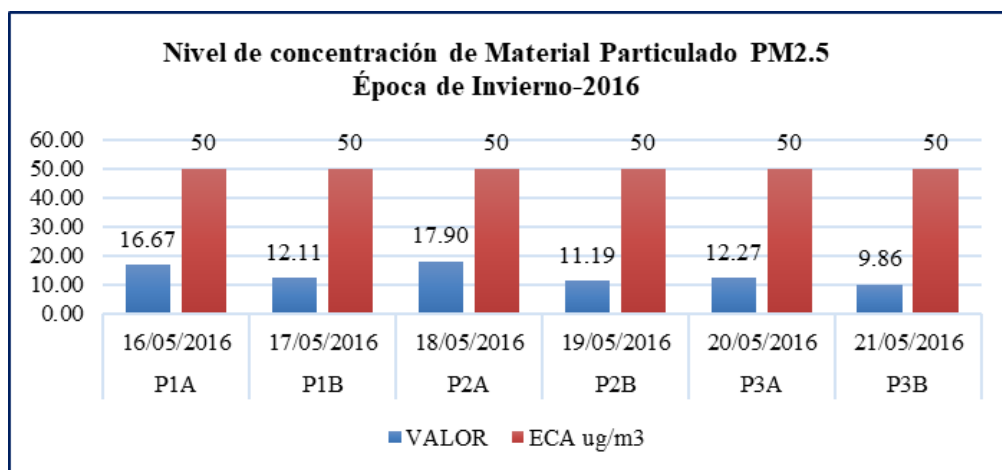
**Tabla 30**

*Resultados del análisis del peso de partículas  $PM_{2.5}$  para la época de invierno-2016. Primera Repetición.*

N°	DESCRIPCIÓN	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3	
		A1	B2	A3	B4	A5	B6
1	Rótulo del filtro						
2	Peso inicial del filtro (gramos)	4.22357	4.35811	4.39710	4.31240	4.28231	4.34740
3	Peso final del filtro (gramos)	4.22447	4.35880	4.39821	4.31315	4.28312	4.34810
4	Peso de Material Particulado en suspensión (gramos) = (3) – (2)	0.0009	0.00069	0.00111	0.00075	0.00081	0.0007
5	Volumen estándar ( $m^3$ ) (*)	54	57	62	58	66	69
6	$PM_{2.5}$ ( $\mu g/m^3$ ) = (4) x 1.000.000 ÷ (5)	16.67	12.11	17.90	11.19	12.27	9.86
7	Temperatura ambiental ( $^{\circ}C$ )	23.50	25.40	25.70	23.90	25.00	23.60

(\*) El volumen estándar es obtenido por lectura directa en el equipo, a  $25^{\circ}C$  y 760 mm Hg.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 18.** Nivel de concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ . Época de invierno. Primera Repetición.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que la mayor concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , se ubica en el punto P2A, puntos ubicados a nivel de suelo con  $17.90 \mu g/m^3$ . Para los puntos a alturas superiores entre 6 a 8 mt se ubica en el P3A con  $12.11 \mu g/m^3$ .

### 3.1.4.2. Resultados sistematizados de concentración de gases SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO- Época de Invierno. Primera Repetición.

- Los resultados del estudio de contaminantes atmosféricos como son el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), (Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO), el procedimiento de obtención de datos es el mismo realizado en la época de verano. Cuyos resultados obtenidos consiste en 2 repeticiones. Los puntos de monitoreo son los mismos los que se indican en la tabla 17. En este caso el procedimiento de muestreo se utilizó el equipo Tren de muestreo por soluciones. Cuyos métodos de referencia se detallan en la tabla 24.
- Los resultados de los contaminantes de gases de dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno, (NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO). los parámetros en todos los puntos ubicados a nivel de superficie de suelo y a altura ubicado entre 6 a 8 mt, presentan valores de >1.2 µg/m<sup>3</sup>, y son constantes para ambas alturas. Cuyos resultados son los que se muestra en la tabla 31. El cual indica que no sería perjudicial para la salud y el ambiente.

**Tabla 31**

*Resultado del Nivel de concentración de gases.*

*Época de invierno-2016. Primera repetición*

FECHA	PUNTOS	PARAMETROS		
		SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO (µg/m <sup>3</sup> )
16/05/2016	A1	>1.2	>1.2	75
17/05/2016	B2	>1.2	>1.2	38
18/05/2016	A3	>1.2	>1.2	64
19/05/2016	B4	>1.2	>1.2	29
20/05/2016	A5	>1.2	>1.2	57
21/05/2016	B6	>1.2	>1.2	28

Fuente: Empresa SERVITA EIRL, 2017.

- Los resultados de la concentración de gas para el Monóxido de Carbono (CO). Los mayores valores registrados son en la altura 01 a nivel de superficie de suelo con valores de 75 µg/m<sup>3</sup>, 64 µg/m<sup>3</sup> y 57 µg/m<sup>3</sup>,

respectivamente. Mientras que para la altura 02 entre 6 a 8 mt, son de: 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , encontrándose por debajo de los ECAs. Como se muestra en la tabla 32.

### Comparación con los ECAs nacionales-Época de invierno

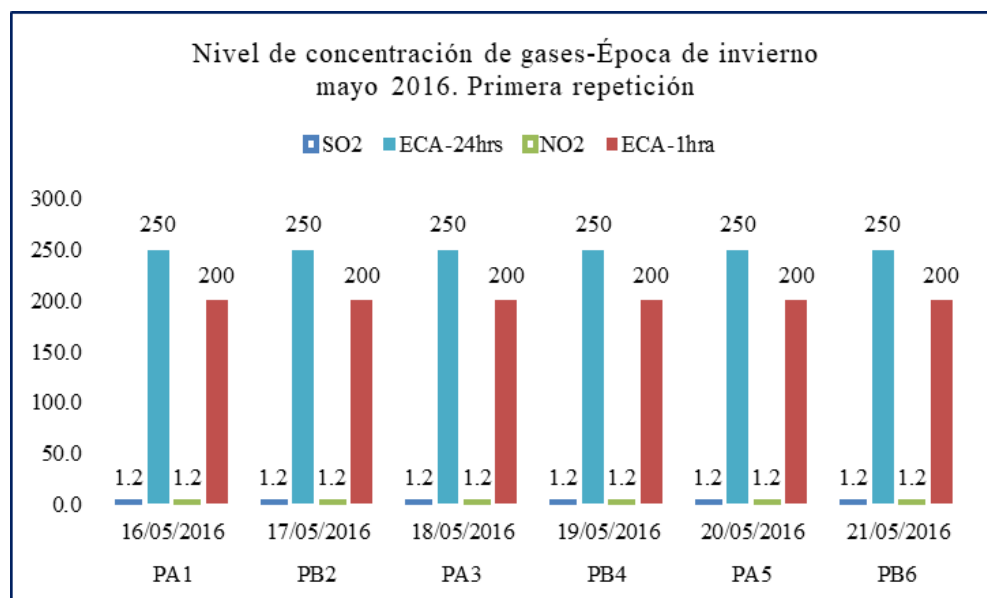
Los resultados de concentración son comparados con los Estándares de Calidad del Aire, D.S N° 003-2017-MINAM. El cual se resume en la tabla 32.

**Tabla 32**

*Comparación con los ECAs nacionales-Época de invierno-2016*

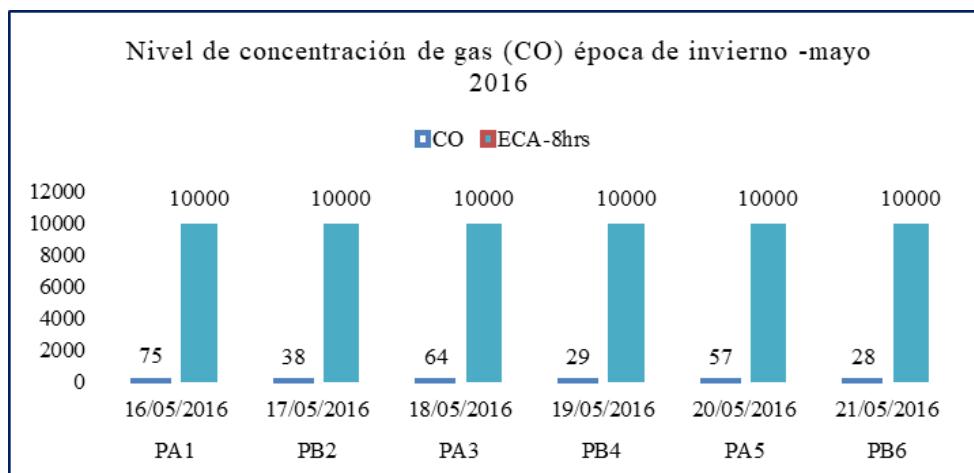
FECHA	PUNTOS	SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ECA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Hrs	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ECA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Hrs	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ECA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Hrs
16/05/2016	PA1	>1.2	250	24	>1.2	200	1	75	10000	8
17/05/2016	PB2	>1.2	250	24	>1.2	200	1	38	10000	8
18/05/2016	PA3	>1.2	250	24	>1.2	200	1	64	10000	8
19/05/2016	PB4	>1.2	250	24	>1.2	200	1	29	10000	8
20/05/2016	PA5	>1.2	250	24	>1.2	200	1	57	10000	8
21/05/2016	PB6	>1.2	250	24	>1.2	200	1	28	10000	8

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 19.** Nivel de concentración de gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>. Época de invierno Primera repetición-2016

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que los gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, presentan valores uniformes en todos los puntos y se encuentran por debajo de los ECAs.



**Figura 20.** Distribución de concentración gas CO. Época de invierno. Primera repetición-2016

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que el gas de CO, presentan mayores valores en el punto ubicado a nivel de superficie de suelo con valores de 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en el punto ubicado en alturas entre 6 a 8 mt es de 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.1.5. Procedimiento y resultados de contaminantes atmosféricos. Época de invierno-2016. Segunda Repetición

#### 3.1.5.1. Resultados de concentración de Material Particulado $\text{PM}_{2.5}$ . Época de invierno- segunda repetición.

Los resultados de la concentración de Partículas  $\text{PM}_{2.5}$ , los puntos ubicados a nivel de superficie de suelo presentan mayores concentraciones en los puntos PA1, con 14.82  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PA3 con 18.03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y PA5 con 13.85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, los puntos a alturas superiores entre 6 a 8 mt, presentan concentraciones en el PB2 con 9.30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , PB4 con 11.69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el PB6 con 8.97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Como se muestra en la tabla 33.

**Tabla 33**

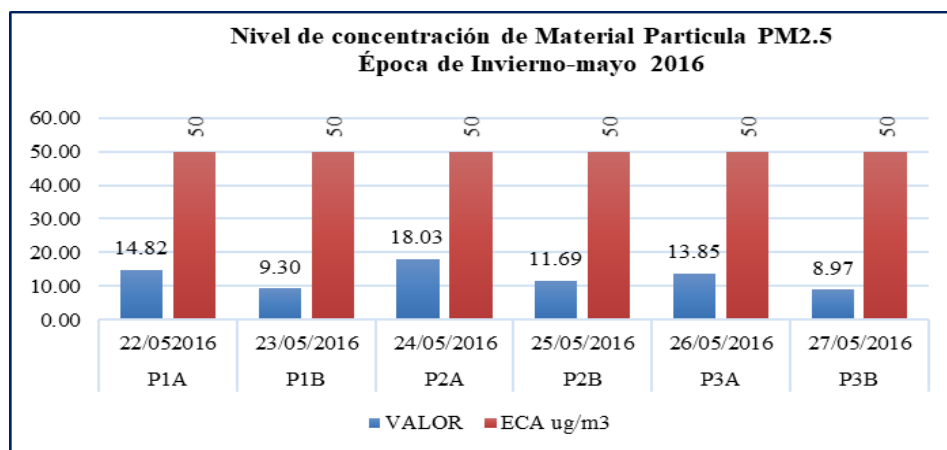
*Resultados del análisis del peso de partículas  $\text{PM}_{2.5}$  para la época de invierno. Segunda Repetición.*

N°	DESCRIPCIÓN	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3	
		A1	B2	A3	B4	A5	B6
1	<b>Rótulo del filtro</b>						
2	Peso inicial del filtro (gramos)	4.22347	4.35817	4.39710	4.31240	4.28225	4.34740
3	Peso final del filtro	4.2243	4.35870	4.39820	4.31316	4.28315	4.34801

	(gramos)	0					
	Peso de Material						
4	Particulado en suspensión (gramos) = (3) – (2)	0.0083	$\frac{0.0005}{3}$	0.0011	0.00076	0.0009	0.00061
5	Volumen estándar (m <sup>3</sup> ) (*)	56	57	61	65	65	63
6	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) = (4) x 1.000.000 ÷ (5)	14.82	9.30	18.03	11.69	13.85	8.97
7	Temperatura ambiental (°C)	23.50	23.70	23.80	24.10	24.80	25.20

(\*) El volumen estándar es obtenido por lectura directa en el equipo, a 25°C y 760 mm Hg.

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21.** Nivel de concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>. Época de invierno. Segunda Repetición.

**Análisis.** En la presente figura, se evidencia que la mayor concentración de Material Particulado de tamaño PM<sub>2.5</sub>, se ubica en el punto P2A con 14.82 µg/m<sup>3</sup> ubicado nivel de superficie de suelo. Asimismo, en alturas superiores entre 6 a 8 mt, la mayor concentración se ubica en el punto P2B con 11.69 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.1.5.2. Resultados sistematizados de concentración de gases SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO. Segunda repetición.

- Los resultados del estudio de contaminantes atmosféricos como son el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), (Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO), el procedimiento de obtención de datos es el mismo realizado en la época de verano. El cual se desarrolló en la época de invierno cuyos resultados obtenidos consiste en 02 repeticiones. Los puntos de monitoreo son los mismo los que se indican en la tabla 20. En este caso el procedimiento de muestreo se utilizó el equipo Tren de



muestreo por soluciones, cuyos métodos de referencia se detallan en la tabla 24.

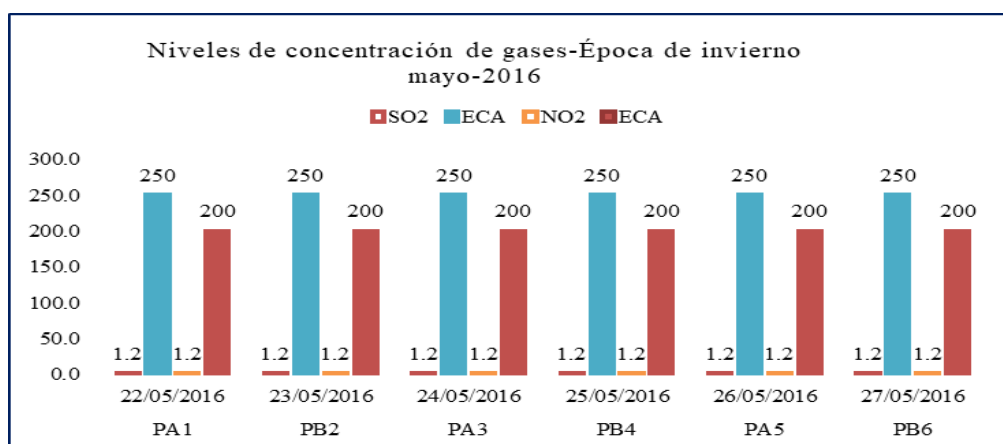
- Los resultados de los contaminantes de gases de dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno, (NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO), cuyos resultados son los que se muestran en la tabla 34.
- Los resultados de los contaminantes de gases de dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno, (NO<sub>2</sub>). La concentración de estos contaminantes es uniforme en todos los puntos con >1.2 µg/m<sup>3</sup>.
- Los resultados del contaminante de gases de Monóxido de Carbono (CO), se aprecia que existe una mayor concentración en el PA1 con 62 µg/m<sup>3</sup>, PA3 con 51 µg/m<sup>3</sup> y PA5 con 34 µg/m<sup>3</sup>.
- Los resultados de la concentración de gases de Monóxido de Carbono (CO), en alturas entre 6 a 8 mt son PB2 con 33 µg/m<sup>3</sup>, PB4 con 42 µg/m<sup>3</sup> y PB6 con 23 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 34**

*Resultado del Nivel de concentración de gases. Época de invierno-2016-segunda repetición.*

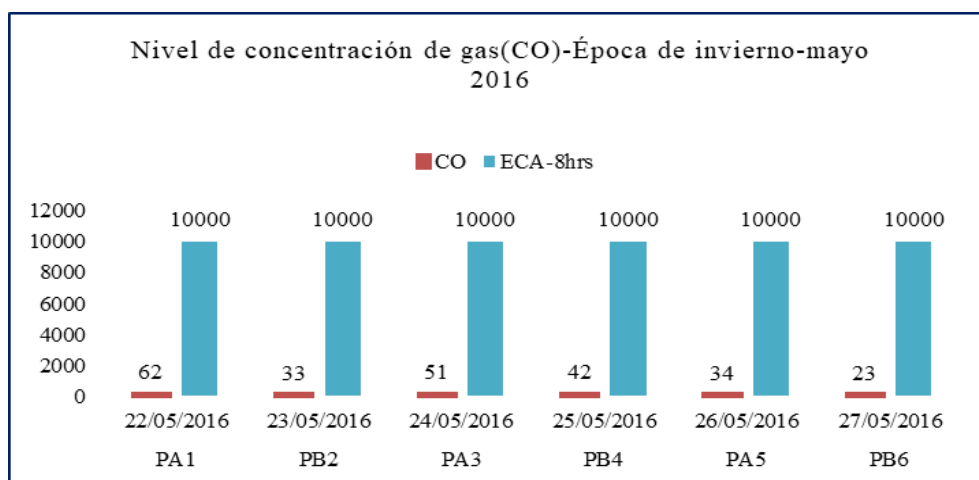
FECHA	PUNTOS	PARAMETROS		
		SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (µg/m <sup>3</sup> )
22/05/2016	A1	>1.2	>1.2	62
23/05/2016	B2	>1.2	>1.2	33
24/05/2016	A3	>1.2	>1.2	51
25/05/2016	B4	>1.2	>1.2	42
26/05/2016	A5	>1.2	>1.2	34
27/05/2016	B6	>1.2	>1.2	23

Fuente: Empresa SERVITA EIRL, 2017.



**Figura 22.** Nivel de concentración gases SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>. Época de invierno. Segunda repetición. 2016

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que los gases de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, presentan valores uniformes en todos los puntos y se encuentran por debajo de los ECAs nacional.



**Figura 23.** Nivel de concentración de gas CO. Época de invierno. Segunda repetición. 2016

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que el gas de CO, presentan mayores valores en los puntos ubicados a nivel de superficie de suelo con valores de 62 µg/m<sup>3</sup>, y en alturas entre 6 a 8 mt el punto de mayor concentración es de, 42 µg/m<sup>3</sup>.

#### ❖ Comparación con los ECAs nacionales-Época de invierno.

Los resultados de concentración de los contaminantes atmosféricos son comparados con los Estándares de Calidad del Aire, D.S N° 003-2017-MINAM. El cual se resume en la tabla 35.

**Tabla 35**

*Comparación con los ECAs nacionales-Época de invierno-2016*

FECHA	PUNTO S	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs	CO (µg/m <sup>3</sup> )	ECA (µg/m <sup>3</sup> )	Hrs
22/05/2016	PA1	>1.2	250	24	>1.2	200	1	62	10000	8
23/05/2016	PB2	>1.2	250	24	>1.2	200	1	33	10000	8
24/05/2016	PA3	>1.2	250	24	>1.2	200	1	51	10000	8
25/05/2016	PB4	>1.2	250	24	>1.2	200	1	42	10000	8
26/05/2016	PA5	>1.2	250	24	>1.2	200	1	34	10000	8
27/05/2016	PB6	>1.2	250	24	>1.2	200	1	23	10000	8

Fuente: Elaboración propia,

### 3.1.6. Resultados de nivel de concentración promedio de Material Particulado $PM_{2.5}$ . Época de verano para ambas repeticiones-2015.

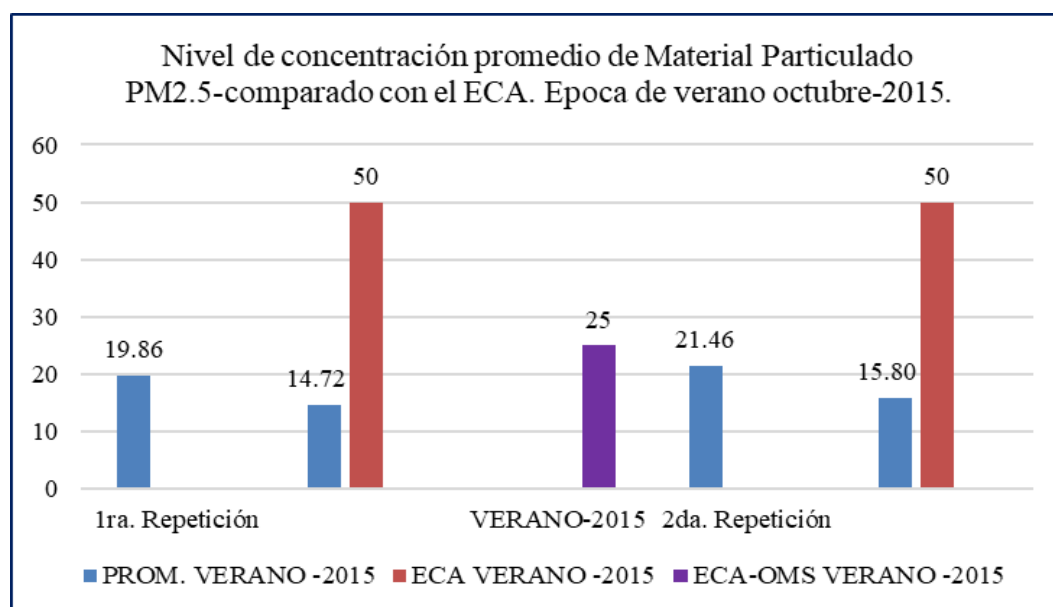
- ✓ Los resultados de promedios de concentración de Material Particulado son de  $19.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $14.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $21.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $15.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a nivel de superficie de suelo, época de verano e invierno. Como se detalla en la tabla N° 36.
- ✓ Los resultados de los promedios no superan los ECAs nacionales y de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

**Tabla 36**

*Promedios de concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ -Epoca de verano-2015.*

EPOCA AÑO	Altura Punto	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3		PROM.	ECA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ECA-OMS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		A1	B2	A3	B4	A5	B6			
Verano -2015 1ra. Repetición	Superficie de suelo 1.5 mt	22.58		20.17		16.82		19.86		
	De 6 a 8 mt		16.72		15.69		11.74	14.72		
Verano-2015 2da. Repetición	Superficie de suelo 1.5 mt	21.69		23.15		19.55		21.46	50	25
	De 6 a 8 mt		16.95		15.86		14.60	15.80		

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24.** Nivel de concentración promedio de  $PM_{2.5}$ . Comparado con el ECA.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que los promedios obtenidos en la época de verano y comparado con el valor de la OMS, ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), se aprecia que los valores obtenidos están por debajo para ambas repeticiones es decir para la época de verano.

### 3.1.7. Resultados del nivel de concentración promedio de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>. Época de invierno para ambas repeticiones-2016.

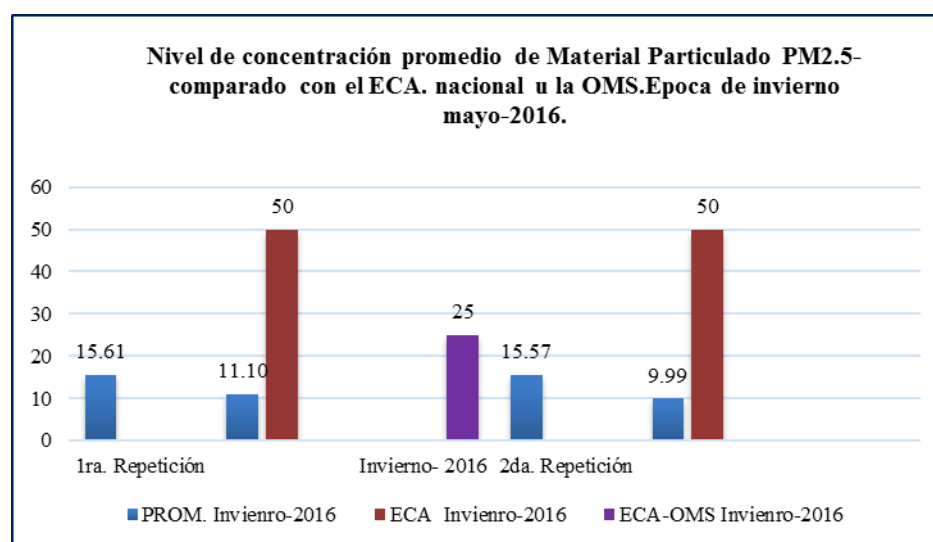
- ✓ Los resultados de promedios de concentración de Material Particulado son de 15.61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  11.10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 15.57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  9.99  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a nivel de superficie de suelo, época de verano e invierno. tal como se detalla en la tabla 37.
- ✓ Los resultados de los promedios no superan los ECAs nacionales y de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

**Tabla 37**

*Promedios de concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>  
Época invierno-2016.*

EPOCA AÑO	Altura Punto	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3		PROM.	ECA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ECA-OMS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		A1	B2	A3	B4	A5	B6			
INVIERNO-2016 1ra. Repetición	Superficie de suelo 1.5 mt	16.67		17.90		12.27		15.61		
	De 6 a 8 mt		12.11		11.19		9.86	11.10		
INVIERNO-2016 2da. Repetición	Superficie de suelo 1.5 mt	14.82		18.03		13.85		15.57	50	25
	De 6 a 8 mt		9.3		11.69		8.97	9.99		

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 25.** Nivel de concentración promedio de PM<sub>2.5</sub>. Comparado con el ECA nacional y la OMS.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que los promedios obtenidos en la época de invierno y comparado con el valor del ECA nacional (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y la OMS, (25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), los valores obtenidos están por debajo del valor establecido.

### 3.1.8. Resultados de parámetros climatológicos

Los parámetros meteorológicos considerados para el presente estudio son: temperatura, precipitación y dirección del viento. Estos datos han sido obtenidos de la Estación Meteorológica de tipo Convencional, ubicado en el distrito y provincia de Rioja, departamento de San Martín. Latitud: 6° 2' 48" y Longitud 77° 10' 1" a una altitud de 880 msnm. Administrado por el Servicio Nacional de Meteorología y Climatología (SENAMHI).

#### 3.1.8.1. Temperatura.

Los registros obtenidos son promedios diarios durante la realización del presente estudio correspondiente a las épocas de verano e invierno, para ambas repeticiones en cada época del año.

##### a). Registros de Temperatura diaria época de verano-2015.

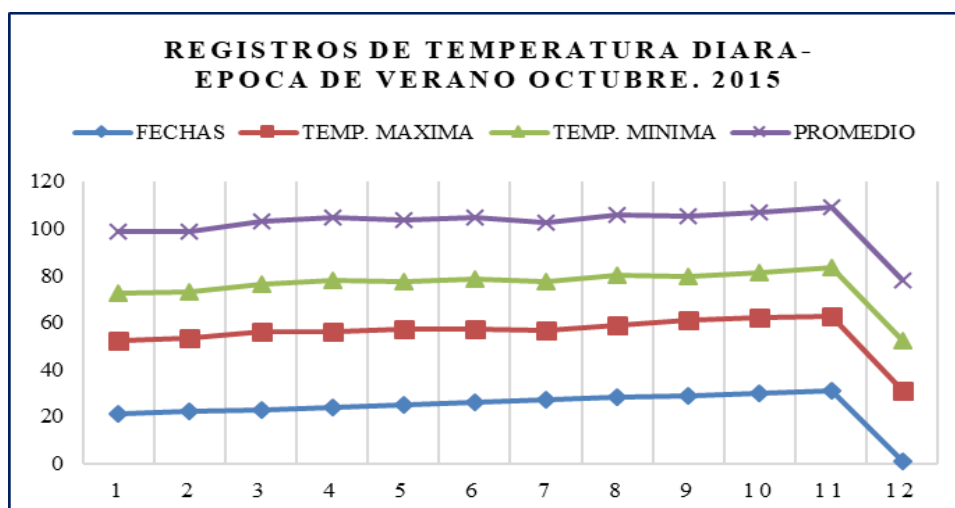
Los resultados de temperatura diaria para ambas repeticiones, corresponden a los registros de las estaciones correspondientes a la provincia de Rioja. Como se muestra en la tabla 38.

**Tabla 38**

*Temperatura, época de verano-octubre. 2015.*

<b>Octubre 2015</b>	<b>Temperatura Máxima</b>	<b>Temperatura Mínima</b>	<b>Promedio</b>
21/10/2015	31.4	20.2	25.8
22/10/2015	31.4	19.8	25.6
23/10/2015	33.3	20.1	26.7
24/10/2015	32.3	21.4	26.9
25/10/2015	32.4	20.0	26.2
26/10/2015	31.4	21.1	26.3
27/10/2015	29.8	20.6	25.2
28/10/2015	30.8	21.2	26.0
29/10/2015	32.0	18.7	25.4
30/10/2015	31.8	19.4	25.6
31/10/2015	31.4	20.8	26.1
01/12/2015	30.0	21.4	25.7

Fuente: SENAMHI, 2017.



**Figura 26.** Variación de temperatura diaria, época de verano –octubre 2015.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia los registros de temperatura promedios máximos y mínimos, en línea constante en todos los días de estudio.

b). Registros de Temperatura diaria época de invierno-mayo-2016.

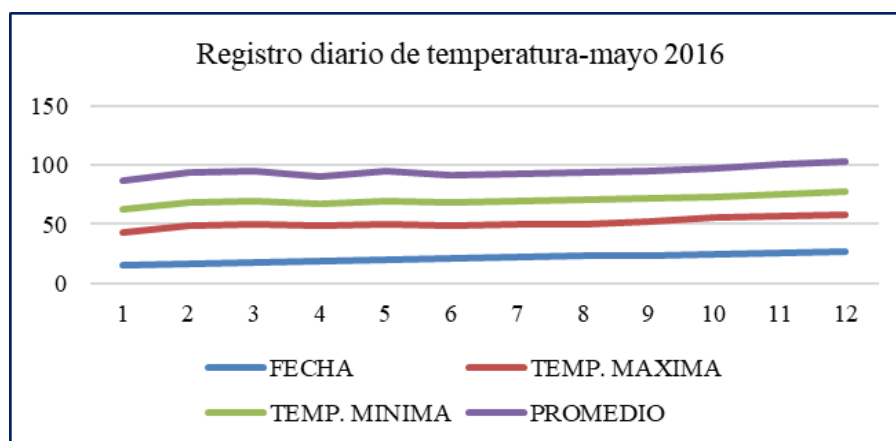
Los resultados de los registros corresponden al estudio realizado en la época de invierno, mes de mayo del año 2016, son los que se muestran en la tabla 39. Con temperaturas máximas y mínima relativamente uniformes en la zona de estudio.

**Tabla 39**

*Registros de temperatura diaria, época de invierno-2016.*

Mayo 2016	Temp. Máxima	Temp. Mínima	Promedio
16/05/2016	27.6	19.4	23.5
17/05/2016	31.4	19.4	25.4
18/05/2016	31.8	19.6	25.7
19/05/2016	30.2	17.6	23.9
20/05/2016	29.8	20.2	25.0
21/05/2016	27.6	19.6	23.6
22/05/2016	27.6	19.4	23.5
23/05/2016	27.5	19.8	23.7
24/05/2016	28.2	19.4	23.8
25/05/2016	30.2	18.0	24.1
26/05/2016	30.6	18.9	24.8
27/05/2016	31.2	19.2	25.2

Fuente: SENAHI, 2017.



**Figura 27.** Variación de temperatura diaria, época de invierno –mayo 2016.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia una ligera variación de la curva de promedios de temperatura diario.

c). Registros de temperatura mensual, años 2004-2016.

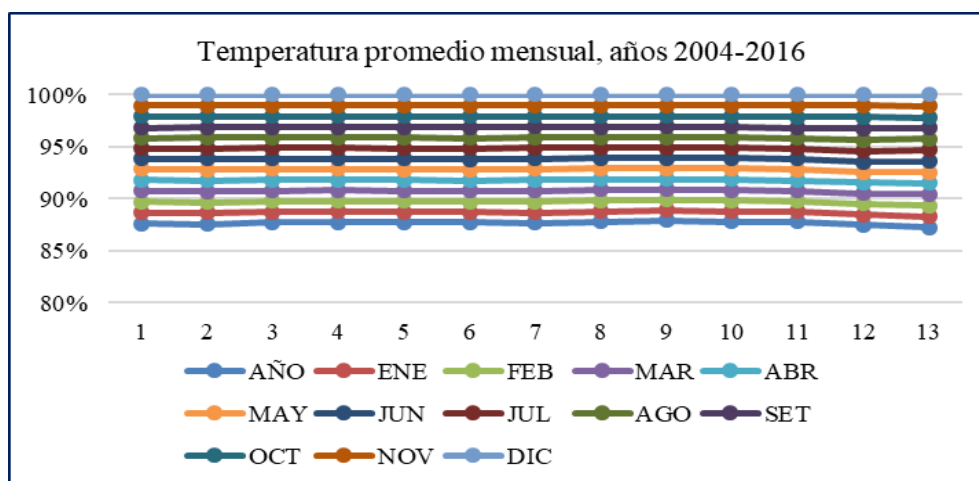
Los resultados de los registros promedios de temperatura mensuales corresponden a los datos obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SEMMHI), estación meteorológica ubicada en el ámbito de la provincia de Rioja, la misma que demuestra una presencia con ligeras variaciones en todo el periodo de registros desde el año 2004 hasta el año 2016. Como se muestran en la tabla 40.

**Tabla 40**

*Temperatura promedio mensual años 2004-2016.*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2004	24.1	23.9	23.5	24.1	24.0	22.6	22.6	23.0	22.9	24.2	24.4	23.8
2005	24.5	23.8	24.0	23.8	23.7	23.9	23.0	23.3	23.4	23.8	24.0	23.5
2006	23.2	23.2	23.5	23.7	23.6	23.5	22.8	23.0	23.4	23.9	23.7	23.3
2007	23.2	23.6	23.0	23.3	23.5	23.4	23.0	23.1	23.0	23.7	23.6	23.7
2008	22.7	23.3	23.0	23.6	23.1	23.4	23.0	23.5	23.4	23.5	23.8	23.9
2009	23.2	22.9	23.0	23.6	23.4	23.0	23.2	23.6	23.6	23.8	24.3	23.6
2010	23.2	23.9	23.9	23.9	23.8	23.3	23.1	23.3	23.4	23.9	23.6	23.4
2011	23.2	22.9	22.9	23.4	23.6	23.0	22.4	23.3	22.7	23.8	23.9	23.3
2012	23.1	22.0	23.0	23.2	23.0	22.5	22.6	23.5	23.3	23.2	24.2	23.3
2013	23.4	23.1	23.8	24.0	23.8	22.5	22.3	23.0	23.2	23.6	24.1	23.3
2014	22.7	22.6	22.9	23.2	24.0	23.3	22.8	22.9	23.1	23.4	26.0	23.1
2015	22.7	23.7	23.6	23.7	23.2	23.0	24.0	24.1	25.2	25.5	25.6	23.7
2016	25.1	24.5	24.7	24.6	24.4	24.1	25.7	24.0	24.1	24.5	25.1	24.5

Fuente: SENAMHI, 2017.



**Figura 28.** Variación de temperatura promedio Mensual años 2004-2016.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que los promedios de temperatura mensuales por año, son constantes en el tiempo 2004-2016.

### 3.1.8.2. Resultados de los registros de Precipitación.

#### a). Registros de Precipitación promedio diario para ambas repeticiones. Época de verano-201

Los resultados de precipitación, se ha considerado el registro de datos de los días de estudio, de la estación meteorológica no convencional de la provincia de Rioja, el cual se muestra una ligera precipitación con 35.7mm, del día 26/10/2015, correspondiente al PB6, y para los demás días de estudio no se ha registrado precipitaciones, como se muestra en la tabla 41.

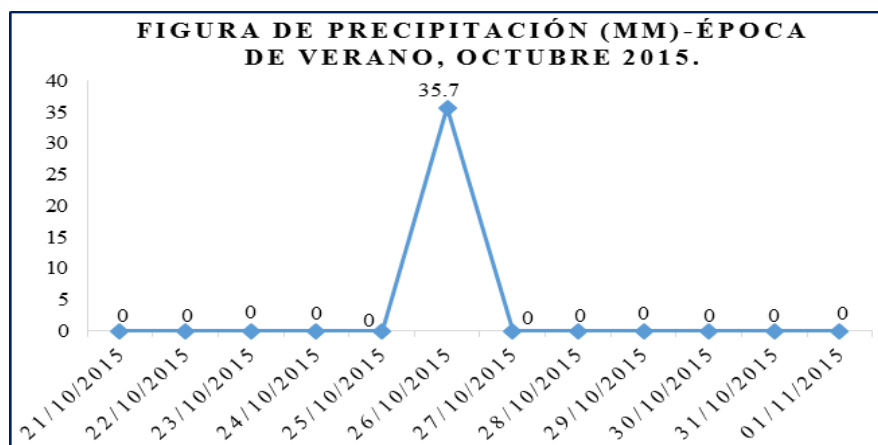
**Tabla 41**

*Precipitación promedio diario, época de verano-2015.*

Octubre-2015	Precipitación (mm)
21/10/2015	0
22/10/2015	0
23/10/2015	0
24/10/2015	0
25/10/2015	0
26/10/2015	35.7
27/10/2015	0
28/10/2015	0
29/10/2015	0
30/10/2015	0
31/10/2015	0
01/10/2015	0

Fuente: SENAMHI, 2017.





**Figura 29.** Variación de la precipitación diaria-verano- 2015.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que en el día 26/10/2015 se ha registrado una precipitación de 35.7 mm.

**b). Registros de Precipitación promedio diario para ambas repeticiones. Época de invierno-2016.**

Los resultados de precipitación se ha considerado el registro de datos de los días de estudio en la época de invierno, de la estación meteorológica no convencional de la provincia de Rioja, el cual se muestra ligeras precipitaciones en los días 21/05/2016 PB6 con 17.6 mm, 22/05/2016 PA1 con 6.4 mm, 23/05/2016 PB2 con 32.4 mm, 26/05/2016 PA5 con 3.0 mm, tal como se muestra en la tabla 42.

**Tabla 42**

*Precipitación promedio diario época de invierno-2016.*

Mayo-2016	Precipitación (mm)
16/05/2016	0.0
17/05/2016	0.0
18/05/2016	0.0
19/05/2016	0.0
20/05/2016	0.0
21/05/2016	17.6
22/05/2016	6.4
23/05/2016	32.4
24/05/2016	0.0
25/05/2016	0.0
26/05/2016	3.0
27/05/2016	0.0

Fuente: SENAMHI, 2017.

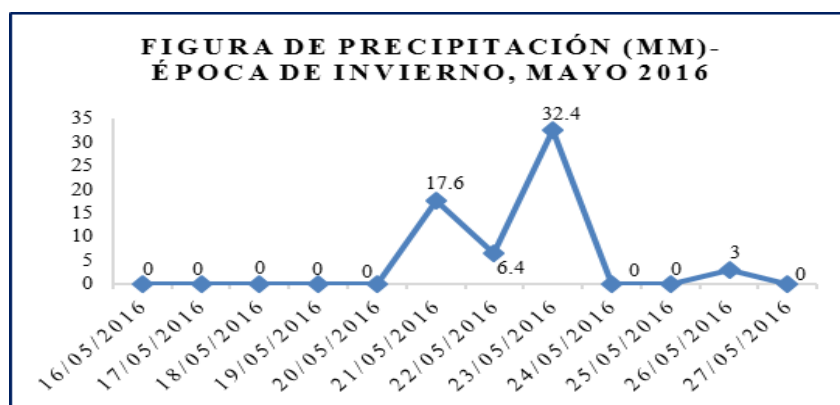


Figura 30. Variación de la precipitación diaria-invierno- 2016.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia los registros de precipitación presentados los días 21 con 17.6 mm y 23 con 32.4 mm y en menores proporciones los días 22 y 26 con precipitaciones de 6.4 mm y 3 mm.

### 3.1.8.3. Registros de Dirección del viento

#### a). Registros de dirección del viento. Época de verano 2015.

Los resultados de los registros de la dirección y velocidad de viento, datos obtenidos de SEMMHI, Estación Meteorológica ubicada en la provincia de Rioja, para la época de verano coincidiendo con los días de estudio que comprende desde el 21 de octubre hasta el 01 de noviembre del 2015, Con velocidades medias de Calma (C) y con tendencia Nor Este (NE). Como se muestra en la tabla 43.

**Tabla 43**

*Frecuencia de datos dirección del viento, época de verano.*

Días de estudio	Dirección y velocidad del viento-época de verano-octubre-2015					
	7h		13h		19 h	
	Dirección	velocidad	Dirección	velocidad	Dirección	velocidad
21/10/2015	SE	2	SE	4	C	0
22/10/2015	NW	2	NE	4	NE	2
23/10/2015	C	0	NE	2	SW	2
24/10/2015	C	0	NE	2	C	0
25/10/2015	NE	2	SE	4	NE	2
26/10/2015	NE	2	NE	2	C	0
27/10/2015	C	0	SW	6	C	0
28/10/2015	SE	2	SE	4	C	0
29/10/2015	NE	2	SE	2	C	0
30/10/2015	C	0	NE	4	SE	2
31/10/2015	NE	2	NE	2	C	0
01/11/2015	C	0	C	0	C	0

Fuente: SENAMHI, 2017.

### ❖ **Elaboración de la rosa de viento. Época de verano 2015.**

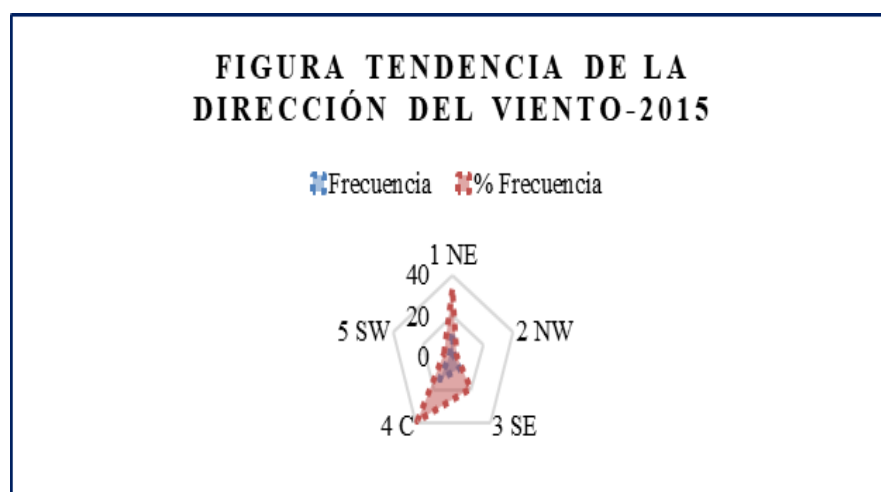
Para una mejor interpretación de los resultados de los registros de la dirección y velocidad de viento, se elaboró la rosa de viento. Como se muestran en la tabla 44 y figura 31.

**Tabla 44**

*Porcentaje de frecuencia dirección del viento-2015*

Nº	Dirección viento	Frecuencia	% Frecuencia
1	NE	12	33.33
2	NW	1	2.78
3	SE	7	19.44
4	C	14	38.89
5	SW	2	5.56
<b>Total</b>		<b>36</b>	<b>100</b>

Fuente: SENAMHI, 2017.



**Figura 31.** Tendencia de la dirección del viento, época de verano-octubre 2015.

**Análisis.** En la presente figura, de la rosa de vientos, los resultados meteorológicos obtenidos del 21/10/2015 al 01/11/2015, con tendencia en dirección Nor Este (NE), y en estado de C (Calma).

### **b). Resultados de registros de dirección del viento. Época de invierno 2016.**

Los resultados de los registros de la dirección y velocidad del viento datos obtenidos de SENHAMI, Estación Meteorológica ubicada en la provincia de Rioja, para la época de invierno coincidiendo con los días

de estudio que comprende desde el 16 al 27 de mayo del 2016. Con tendencia es en estado de Calma (C) y en dirección Nor Este (NE). Como se muestra en la tabla 46.

**Tabla 45**

*Frecuencia de dirección y velocidad del viento- 2016*

<b>DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO-EPOCA DE INVIERNO-MAYO-2016</b>						
Días de estudio	7h		13h		19 h	
	Dirección	velocidad	Dirección	velocidad	Dirección	velocidad
16/05/2016	C	0	NE	2	C	0
17/05/2016	NW	4	NE	4	C	0
18/05/2016	C	0	NE	4	C	0
19/05/2016	SE	2	NE	2	C	0
20/05/2016	C	0	NE	4	C	0
21/05/2016	SE	2	SE	2	C	0
22/05/2016	SE	2	C	0	C	0
23/05/2016	C	0	SE	2	SE	2
24/05/2016	C	0	NE	2	C	0
25/05/2016	C	0	NE	4	SE	2
26/05/2016	NW	2	NE	2	NE	4
27/05/2016	C	0	NE	2	SE	2

Fuente: SENAMHI, 2017.

#### ❖ **Elaboración de la rosa de viento. Época de invierno 2016**

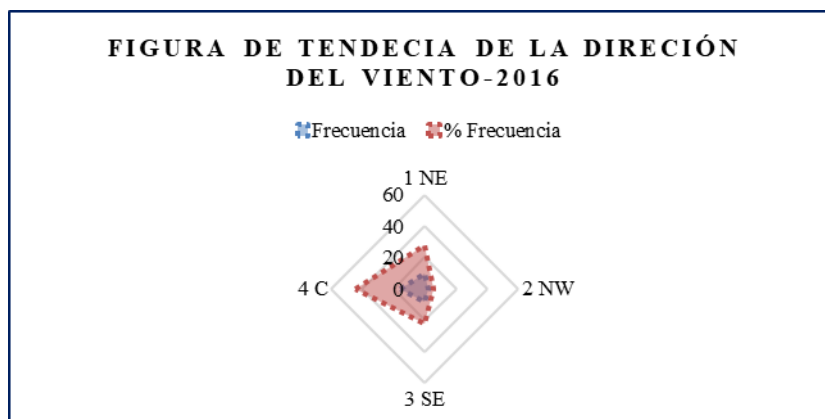
Para una mejor interpretación de los resultados de los registros de la dirección y velocidad de viento, se elaboró la rosa de viento. Como se muestran en la tabla 46 y figura 32.

**Tabla 46**

*Porcentaje de Frecuencia Dirección del Viento-2016*

Nº	Dirección viento	Frecuencia	% Frecuencia
1	NE	10	27.78
2	NW	2	5.56
3	SE	8	22.22
4	C	16	44.44
<b>Total</b>		<b>36</b>	<b>100</b>

Fuente: SENAMHI, 2017.



**Figura 32.** Tendencia de la dirección del viento, época de invierno-mayo 2016.

**Análisis.** En la presente figura, de la rosa de vientos, los resultados meteorológicos obtenidos del 16/05/2016 al 27/05/2016, con tendencia en estado de C (Calma), en dirección Nor Este (NE) y en dirección Sur Este (SE).

#### ❖ **Elaboración de la rosa de viento. Años 2015-2016**

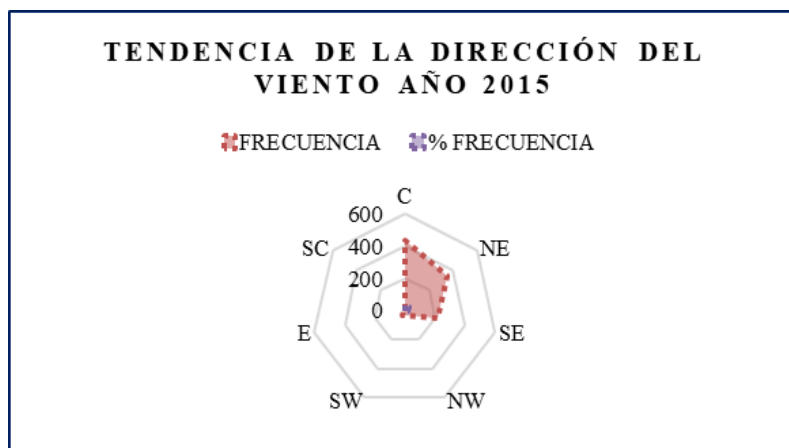
Para una mejor interpretación de los resultados de los registros de la dirección y velocidad de viento, se elaboró la rosa de viento de dos años consecutivos es decir 2015 y 2016. Como se muestran en la tabla 47 y figura 33 y 34.

**Tabla 47**

*Frecuencia de dirección del viento años 2015-2016.*

PARAMETROS	AÑO 2015		AÑO 2016	
	Frecuencia	% Frecuencia	Frecuencia	% Frecuencia
Dir. viento				
C	438	40.37	400	36.73
NE	354	32.63	337	30.95
SE	220	20.28	303	27.82
NW	29	2.67	27	2.48
SW	34	3.13	22	2.02
E	8	0.74	0	0
SC	2	0.18	0	0
Σ	1085	100.00	1089	100

Fuente: SENAMHI, 2017.



**Figura 33.** Tendencia de la dirección del viento año 2015

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que la mayor tendencia de la dirección del viento es en estado de C (calma), seguido de NE, para todo el año 2015. Indicando mayor representatividad que en los días de estudio.



**Figura 34.** Tendencia de la dirección del viento año 2016

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia la dirección y velocidad del viento con tendencia en estado de C (calma), seguido de NE y SE, para todo el año 2016.

### 3.1.9. Resultados del nivel de concentración promedio de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>, épocas de verano e invierno 2015-2016

Los resultados de la concentración promedio de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>, para la época de verano 2015, muestra valores de 20.66 µg/m<sup>3</sup> para superficie de

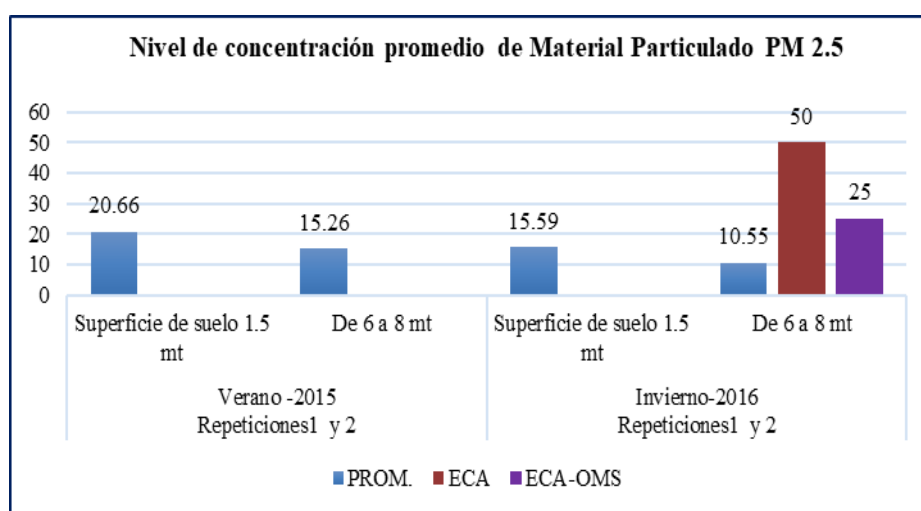
suelo,  $15.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para alturas entre 6 a 8 mt, y para la época de invierno 2016, muestra valores de  $10.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para superficie de suelo y  $10.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para alturas entre 6 a 8mt. Como se muestran en la tabla 48.

**Tabla 48**

*Nivel de concentración promedio de Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , épocas de verano e invierno 2015-2016.*

ÉPOCA AÑO	ALTURA PUNTO	PROM.	ECA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ECA-OMS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Verano -2015 Repeticiones1 y 2	Superficie de suelo	20.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	25
	1.5 mt			
Invierno-2016 Repeticiones1 y 2	De 6 a 8 mt	15.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Superficie de suelo	15.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	1.5 mt	10.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	De 6 a 8 mt	10.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 35.** Concentración promedio de Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que la mayor concentración de Material Particulado  $\text{PM}_{2.5}$ , se distribuye a nivel de superficie de suelo para ambas repeticiones con promedios de  $20.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $15.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que para alturas entre 6 a 8 mt se registran concentraciones de  $15.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $10.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la misma que no supera los ECAs nacionales y de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

### 3.1.10. Resultados de promedio finales del nivel de concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>, épocas de verano e invierno 2015-2016.

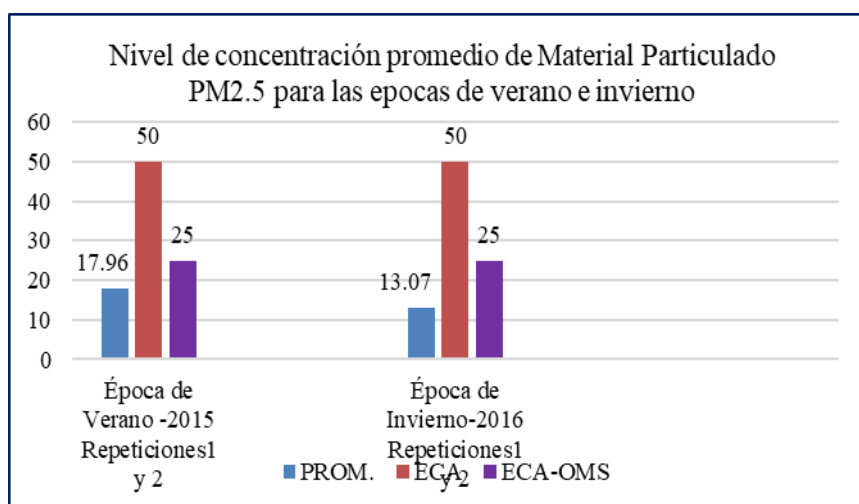
Los resultados de la concentración promedio final de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>, para la época de verano 2015, presenta valores de 17.96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y para la época de invierno 2016, muestra valores de 13.07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tal como se muestra en la tabla 49.

**Tabla 49**

*Nivel de concentración promedio de MP, PM<sub>2.5</sub> para las épocas de verano e invierno-2015-2016.*

ÉPOCA AÑO	PROMEDIO	ECA	ECA-OMS
Verano -2015 repeticiones1 y 2	17.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	(25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Invierno-2016 repeticiones1 y 2	13.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 36.** Comparación de la concentración promedio de Material Particulado PM<sub>2.5</sub> para cada época del año.

**Análisis.** En la presente figura, se muestra el promedio final de la concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>, en la zona de estudio siendo de 17.96  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la época de verano y 13.07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la época de invierno. Apreciándose una mayor concentración en la época de verano, la misma que no supera los ECAs nacionales y de la Organización Mundial de la Salud (OMS).



### 3.1.11. Resultados de los promedios finales de los gases para épocas de verano e invierno-2015-2016.

Los resultados de la concentración promedio final de gases de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) presentan valores uniformes >1.2 µg/m<sup>3</sup> mientras que para Monóxido de Carbono (CO), los promedios son de 49.92 µg/m<sup>3</sup> y 45.53 µg/m<sup>3</sup>, tal como se muestra en la tabla 50.

**Tabla 50**

*Nivel de concentración promedio de gases para épocas de verano e invierno-2015-2016.*

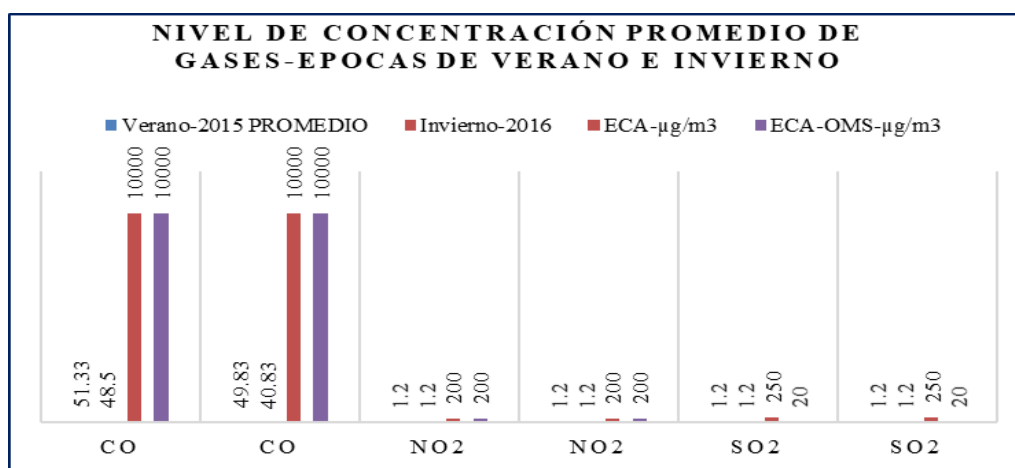
REPETICIONES	PARAMETROS	Verano- 2015	Invierno- 2016	ECA- (µg/m <sup>3</sup> )	ECA-OMS (µg/m <sup>3</sup> )
		PROMEDIO			
1ra	CO	51.33	48.50	10000*	10000**
2da	CO	49.83	40.83	10000*	10000**
1ra	NO <sub>2</sub>	1.2	1.2	200*	200***
2da	NO <sub>2</sub>	1.2	1.2	200*	200***
1ra	SO <sub>2</sub>	1.2	1.2	250*	20***
2da	SO <sub>2</sub>	1.2	1.2	250*	20***

Fuente:

\* D.S N° 003-2017-MINAM,

\*\* Guías OMS, 2004.

\*\*\* Guías OMS, 2005.



**Figura 37.** Concentración promedio de gases, épocas de verano e invierno.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que los valores medidos para las épocas de verano en invierno 2015 y 2016, están por debajo de los ECAs nacional e internacional.

### 3.1.12. Resultados de contaminación atmosférica comparado con el valor umbral del estado de cuidado (VUEC).

Para la determinación matemática de los valores del Índice de Calidad del Aire (INCA), fueron calculados tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Aire y como rango final, el valor umbral de aplicación de los Niveles de Estados de Alerta. Como se muestra en la tabla 51.

**Tabla 51**

*Cálculo de Índice de Calidad de Aire por contaminante.*

Material Particulado PM <sub>2.5</sub>		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentración (µg/m <sup>3</sup> )	Ecuación
0-50	0-12.5	I (PM <sub>2.5</sub> ) = (PM <sub>2.5</sub> )*100/50
51-100	12.6-25	
101-500	25.1-125	
>500	>125	
<b>Calculo de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) Promedio de 24 horas</b>		
0-50	0-10	I (SO <sub>2</sub> ) = (SO <sub>2</sub> )*100/250
51-100	11-20	
101-625	21-500	
>625	>500	
<b>Calculo de Monóxido de carbono (CO) promedio 8 horas</b>		
0-50	0-5049	I (CO) = (CO)*100/10000
51-100	5050-10049	
101-150	10050-15049	
>150	>15050	
<b>Calculo de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) promedio 1 hora</b>		
0-50	0-100	I (NO <sub>2</sub> ) = (NO <sub>2</sub> )*100/200
51-100	101-200	
101-150	201-300	
>150	>300	

Fuente: R M N° 181-2016-MINAM.

#### 3.1.12.1. Resultados de la determinación del Índice de Calidad del Aire (INCA). Época de verano-2015. Primera Repetición.

##### a). Cálculo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{PM}_{2.5}) = 22.58 * 100 / 50 = 45.16 \mu\text{g/m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{PM}_{2.5}) = 16.72 * 100 / 50 = 33.44 \mu\text{g/m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{PM}_{2.5}) = 20.17 * 100 / 50 = 40.34 \mu\text{g/m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{PM}_{2.5}) = 15.69 * 100 / 50 = 31.38 \mu\text{g/m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{PM}_{2.5}) = 16.82 * 100 / 50 = 33.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{PM}_{2.5}) = 11.74 * 100 / 50 = 23.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

**b). Cálculo de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Puntos: PA1, PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{SO}_2) = (1.2) * 100 / 250 = 0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2 μg/m<sup>3</sup>. Cuyo resultado es de 0.48 μg/m<sup>3</sup> para todos los puntos monitoreados.

**c). Cálculo de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Puntos: PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{NO}_2) = (1.2) * 100 / 200 = 0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2 μg/m<sup>3</sup>. Cuyo resultado es de 0.6 μg/m<sup>3</sup> para todos los puntos monitoreados.

**d). Cálculo de Monóxido de Carbono (CO)**

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{CO}) = 81 * 100 / 10000 = 0.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{CO}) = 46 * 100 / 10000 = 0.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{CO}) = 70 * 100 / 10000 = 0.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{CO}) = 34 * 100 / 10000 = 0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{CO}) = 48 * 100 / 10000 = 0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{CO}) = 29 * 100 / 10000 = 0.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

**3.1.12.2. Resultados de la determinación del Índice de Calidad del Aire (INCA). Época de verano-2015. Segunda Repetición.**

**a). Cálculo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.**

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{PM}_{2.5}) = 21.69 * 100 / 50 = 43.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{PM}_{2.5}) = 16.95 * 100 / 50 = 33.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{PM}_{2.5}) = 23.15 * 100 / 50 = 46.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{PM}_{2.5}) = 15.86 * 100 / 50 = 31.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{PM}_{2.5}) = 19.55 * 100 / 50 = 39.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{PM}_{2.5}) = 14.60 * 100 / 50 = 29.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

**b). Cálculo de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Puntos: PA1, PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{SO}_2) = 1.2 * 100 / 250 = 0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2 μg/m<sup>3</sup>. Cuyo resultado es de 0.48 μg/m<sup>3</sup> para todos los puntos monitoreados.

**c). Cálculo de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Puntos: PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{NO}_2) = 1.2 * 100 / 200 = 0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2 μg/m<sup>3</sup>. Cuyo resultado es de 0.6 μg/m<sup>3</sup> para todos los puntos monitoreados.

**d). Cálculo de Monóxido de Carbono (CO)**

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{CO}) = 85 * 100 / 10000 = 0.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{CO}) = 41 * 100 / 10000 = 0.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{CO}) = 64 * 100 / 10000 = 0.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{CO}) = 40 * 100 / 10000 = 0.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{CO}) = 43 * 100 / 10000 = 0.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{CO}) = 26 * 100 / 10000 = 0.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

**3.1.12.3. Resultados de la determinación del Índice de Calidad del Aire (INCA). Época de invierno-2016. Primera Repetición.**

**a). Cálculo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.**

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{PM}_{2.5}) = 16.67 * 100 / 50 = 33.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{PM}_{2.5}) = 12.11 * 100 / 50 = 24.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{PM}_{2.5}) = 17.90 * 100 / 50 = 35.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{PM}_{2.5}) = 11.19 * 100 / 50 = 22.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{PM}_{2.5}) = 12.27 * 100 / 50 = 24.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{PM}_{2.5}) = 9.86 * 100 / 50 = 19.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

**b). Cálculo de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

Puntos: PA1, PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{SO}_2) = 1.2 * 100 / 250 = 0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2 μg/m<sup>3</sup>. Cuyo resultado es de 0.48 μg/m<sup>3</sup> para todos los puntos monitoreados.

**c). Cálculo de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Puntos: PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{NO}_2) = 1.2 * 100 / 200 = 0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2 μg/m<sup>3</sup>. Cuyo resultado es de 0.6 μg/m<sup>3</sup> para todos los puntos monitoreados.

**d). Cálculo de Monóxido de Carbono (CO)**

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{CO}) = 75 * 100 / 10000 = 0.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{CO}) = 38 * 100 / 10000 = 0.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{CO}) = 64 * 100 / 10000 = 0.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{CO}) = 29 * 100 / 10000 = 0.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{CO}) = 57 * 100 / 10000 = 0.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{CO}) = 28 * 100 / 10000 = 0.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

**3.1.12.4. Resultados de la determinación del Índice de Calidad del Aire (INCA). Época de invierno-2016. Segunda Repetición.**

**a). Cálculo de Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.**

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{PM}_{2.5}) = 14.82 * 100 / 50 = 29.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{PM}_{2.5}) = 9.30 * 100 / 50 = 18.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{PM}_{2.5}) = 18.03 * 100 / 50 = 36.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{PM}_{2.5}) = 11.69 * 100 / 50 = 23.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{PM}_{2.5}) = 13.85 * 100 / 50 = 27.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{PM}_{2.5}) = 8.97 * 100 / 50 = 17.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

### b). Cálculo de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

Puntos: PA1, PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{SO}_2) = 1.2 * 100 / 250 = 0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cuyo resultado es de 0.48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para todos los puntos monitoreados.

### c). Cálculo de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

PUNTOS: PA1, PB2, PA3, PB4, PA5 y PB6

$$I(\text{NO}_2) = 1.2 * 100 / 200 = 0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Los resultados para el parámetro de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), es uniforme ya que tiene un valor de >1.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cuyo resultado es de 0.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para todos los puntos monitoreados.

### d). Cálculo de Monóxido de Carbono (CO)

$$\text{Punto: PA1: } I(\text{CO}) = 62 * 100 / 10000 = 0.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB2: } I(\text{CO}) = 33 * 100 / 10000 = 0.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA3: } I(\text{CO}) = 51 * 100 / 10000 = 0.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB4: } I(\text{CO}) = 42 * 100 / 10000 = 0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PA5: } I(\text{CO}) = 34 * 100 / 10000 = 0.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Punto: PB6: } I(\text{CO}) = 23 * 100 / 10000 = 0.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

**Tabla 52**

*Valores del Índice de Calidad del Aire.*

CLASIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0-50	Verde
Moderada	51-100	Amarillo
Mala	101-VUEC*	Anaranjado
VUEC+	>VUEC*	Rojo

\*VUEC: Valor umbral del estado de cuidado.

Fuente: R M N° 181-2016-MINAM. Índice de Calidad de Aire (INCA)

### **Análisis de resultados comparados con la tabla del Valor Umbral del estado de calidad**

- Los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Aire (INCA), sobre la concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , para la época de verano primera y segunda repetición año 2015, cuyo valor máximo para la primera repetición es de  $22.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con valor de INCA, de  $45.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que para la segunda repetición con  $23.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el valor del INCA, con  $46.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , luego se relaciona con el Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC), El cual se encuentra, dentro del valor de 0-50, con una clasificación de BUENA, para ambas alturas, (ver tabla 52).
- Los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Aire (INCA), sobre la concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , para la época de invierno primera y segunda repetición año 2016, cuyo valor máximo para la primera repetición con  $17.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el valor del INCA, de  $35.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , y para la segunda repetición con  $18.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con valor de INCA, de  $36.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , luego se relaciona con el Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC), El cual se encuentra dentro del valor de 0-50, con una clasificación de BUENA, para ambas alturas, (ver tabla 52).
- Los resultados de los gases de Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ) y Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ), son constantes en ambas alturas y para ambas épocas de estudio años 2015 y 2016, con concentraciones de  $>1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con valor del INCA, de  $0.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, luego se relaciona con el Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC), El cual se encuentra, dentro del valor de 0-50, con una clasificación de BUENA, para ambas alturas, épocas del año, (ver tabla 52).
- El resultado para el Monóxido de Carbono (CO), la concentración máxima corresponde a la época de verano primera repetición con  $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con valor INCA de  $0.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para la segunda repetición con  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con valor de INCA con  $0.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Para la época de invierno primera repetición con  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con valor INCA de  $0.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y para la segunda repetición con  $0.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y con valor INCA de  $0.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . que luego de

relacionarlo con el Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC), se encuentra, dentro del valor de 0-50, con una clasificación de BUENA, para ambas alturas y épocas del año, (ver tabla 52).

### 3.1.13. Análisis Univariante

#### 3.1.13.1. Cálculo de la varianza, desviación estándar y covarianza para la época de verano, octubre-2015. Para MP y CO.

##### a). Cálculo estadístico para Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.

Cálculo de la varianza, desviación estándar covarianza para la época de verano, octubre 2015.

##### Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{S^2 = N-1}$$

$$S^2 = \frac{(22.58-17.96)^2 + (16.72-17.96)^2 + (20.17-17.96)^2 + (15.69-17.96)^2 + (16.82-17.96)^2 + (11.74-17.96)^2 + (21.69-17.96)^2 + (16.95-17.96)^2}{11}$$

$$\frac{(23.15-17.96)^2 + (15.86-17.96)^2 + (19.55-17.96)^2 + (14.60-17.96)^2}{11} = \frac{133.00}{11}$$

$$S^2 = 12.09 //$$

##### Desviación estándar:

$$s = \sqrt{S^2} = \sqrt{12.09} = S = 3.48 //$$



**Covarianza:**

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{3.48}{17.96} = 19.36\% //$$

**b). Cálculo estadístico para Monóxido de Carbono (CO).**

**Varianza**

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{S^2 = N-1}$$

$$S^2 = \frac{(81-50.58)^2 + (46-50.58)^2 + (70-50.58)^2 + (34-50.58)^2 +}{11}$$

$$\frac{(48-50.58)^2 + (29-50.58)^2 + (85-50.58)^2 + (41-50.58)^2}{11}$$

$$\frac{(64-50.58)^2 + (40-50.58)^2 + (43-50.58)^2 + (26-50.58)^2}{11} = \frac{4300.92}{11}$$

$$S^2 = 390.99 //$$

**Desviación estándar:**

$$s = \sqrt{S^2} = \sqrt{390.99} = S = 19.77 //$$

**Covarianza:**

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{39.1}{0.58} = 19.77\% //$$

### 3.1.13.2. Cálculo de la varianza, desviación estándar y covarianza para la época de invierno, mayo-2016.

#### a). Cálculo estadístico para Material Particulado PM<sub>2.5</sub>.

Cálculo de la varianza, desviación estándar covarianza para la época de invierno, mayo 2016

#### Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N-1}$$

$$\frac{16.67-13.07)^2 + (12.11-13.07)^2 + (17.90-13.07)^2 + (11.19-13.07)^2 + (12.27-13.07)^2 + (9.86-13.07)^2 + (14.82-13.07)^2 + (9.30-13.07)^2}{11} + \frac{(18.03-13.07)^2 + (11.69-13.07)^2 + (13.85-13.07)^2 + (8.97-13.07)^2}{11} =$$

$$S^2 = \frac{105.69}{11} = 9.61 //$$

**Desviación estándar:**

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{9.61} = S = 3.10 //$$

**Covarianza:**

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{3.10}{13.07} = 23.72% //$$

**b). Cálculo estadístico para CO.**

**Varianza**

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{S^2 = N-1}$$

$$S^2 = \frac{(75-44.67)^2 + (38-44.67)^2 + (64-44.67)^2 + (29-44.67)^2 + (57-44.67)^2 + (28-44.67)^2 + (62-44.67)^2 + (33-44.67)^2}{11}$$

$$\frac{(51-44.67)^2 + (42-44.67)^2 + (34-44.67)^2 + (23-44.67)^2}{11} = \frac{3500.28}{11}$$

$$S^2 = 318.21 \quad //$$

**Desviación estándar:**

$$s = \sqrt{S^2} = \sqrt{318.21} = S = 17.83 \quad //$$

**Covarianza:**

$$C.V. = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{17.83}{44.67} = 39.91\% //$$

**Tabla 53**

*Resumen estadístico PM<sub>2.5</sub> épocas de verano e invierno*

Medidas estadísticas	Época de verano-2015	Época de invierno-2016
Máxima	23.15 (mg/m <sup>3</sup> ) de PM <sub>2.5</sub>	18.03 (mg/m <sup>3</sup> ) de PM <sub>2.5</sub>
mínima	11.74 (mg/m <sup>3</sup> ) de PM <sub>2.5</sub>	8.97 (mg/m <sup>3</sup> ) de PM <sub>2.5</sub>
Media	17.96	13.07
Varianza	12.09	9.61
Desviación Stándar	3.48	3.10
Covarianza	19.36%	23.72%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 54***Resumen estadístico Monóxido de Carbono (CO) épocas de verano e invierno*

Medidas estadísticas	Época de verano-2015	Época de invierno-2016
Máxima	85 mg/m <sup>3</sup>	75 (mg/m <sup>3</sup> ) de PM <sub>2.5</sub>
mínima	43 mg/m <sup>3</sup>	34 (mg/m <sup>3</sup> ) de PM <sub>2.5</sub>
Media	50.58	44.67
Varianza	390.99	318.21
Desviación Stándar	19.77	17.83
Covarianza	39.1%	39.91%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Análisis estadístico.**

- Los resultados del análisis estadístico para el presente estudio indican valores de concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub> con Desviación Estándar de 3.48 y 3.10, con respecto a la media son reflejados en la varianza con valores de 12.09 y 9.61 y para el caso de la covarianza con valores de 39.1% y 23.72% la cual atribuye a datos obtenidos de una distribución homogénea.
- Los resultados del análisis estadístico para el presente estudio indican valores de concentración de Monóxido de Carbono (CO), con Desviación Estándar de 19.77 y 17.83, con respecto a la media son reflejados en la varianza con valores de 50.58 y 44.67, para el caso de la covarianza con valores de 39.1% y 39.91% la cual atribuye a datos obtenidos de una distribución heterogénea.

**3.1.14. Análisis de Varianza**

El Análisis de Varianza, consiste en una técnica mediante la cual la variación total presente en un conjunto de datos se distribuye en varios componentes. Asociada con cada uno de estos componentes hay una fuente específica de variación, de modo que en el análisis es posible averiguar la magnitud de las contribuciones de cada una de estas fuentes a la variación total. Para determinar el Análisis de Varianza, se organizó una información con una nueva base de datos, adecuada para el Análisis de Varianza (ANOVA), (Análisis Of Variance), ver Guía de proceso, anexo 06. Así

mismo se realizó pruebas correspondientes de los supuestos para obtener el modelo adecuado, para ello se utilizó el Software estadístico IBM SPSS. Versión 25. Cuyos datos de proceso de información se muestra en la tabla 55

**Tabla 55**

*Datos obtenidos de medición de Material Particulado PM<sub>2.5</sub> y gases.*

VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLE DEPENDIENTE (CALIDAD DEL AIRE)							
Estación	Altura	Indicador	REPETICIONES			REPETICIONES			
			P1	P2	P3	P1	P2	P3	
VERANO	1.5mt	MP <sub>2.5</sub>	22.58	20.17	16.82	21.69	23.15	19.55	
		SO <sub>2</sub>	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	
		NO <sub>2</sub>	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	
	6-8 mt	CO	81	70	48	85	64	43	
		MP <sub>2.5</sub>	16.72	15.69	11.74	16.95	15.86	14.60	
		SO <sub>2</sub>	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	
	INVIERNO	1.5mt	NO <sub>2</sub>	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2
			CO	46	34	29	41	40	26
			MP <sub>2.5</sub>	16.67	17.90	12.27	14.82	18.03	13.85
		6-8 mt	SO <sub>2</sub>	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2
			NO <sub>2</sub>	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2	>1.2
			CO	75	64	57	62	51	34

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 56**

*Datos de Supuestos de homogeneidad, para verano e invierno.*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a,b</sup>					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
CANTIDAD	Se basa en la media	2,039	11	84	,034
	Se basa en la mediana	,719	11	84	,717
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,719	11	50,191	,715
	Se basa en la media recortada	1,616	11	84	,109

Prueba la hipótesis nula de que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Variable dependiente: CANTIDAD

b. Diseño : Intersección + ALTURA + REPETICIONES + ALTURA \* REPETICIONES

Fuente: SPSS. Versión 25.

**Análisis.** Con esta varianza en base a la media y la media recortada nos indica que la variación es mínima y se está cumpliendo con el supuesto de homogeneidad.

**Tabla 57**  
*Datos de Prueba F, para heterocedasticidad.*

Prueba F para heterocedasticidad <sup>a,b,c</sup>			
F	gl1	gl2	Sig.
23,656	1	94	,000

a. Variable dependiente: CANTIDAD  
 b. Prueba la hipótesis nula de que la varianza de los errores no depende de los valores de las variables independientes.  
 c. Valores pronosticados a partir del diseño:  
 Intersección + ALTURA + REPETICIONES +  
 ALTURA \* REPETICIONES

Fuente: SPSS. Versión 25. 2018

**Análisis.** Cumple un supuesto del diseño del experimento, respecto a la independencia de muestras. Estadísticamente significativo, de 0.000. Las variables incluidas en el modelo cumplen los supuestos. Planteados y necesarios.

**Tabla 58**

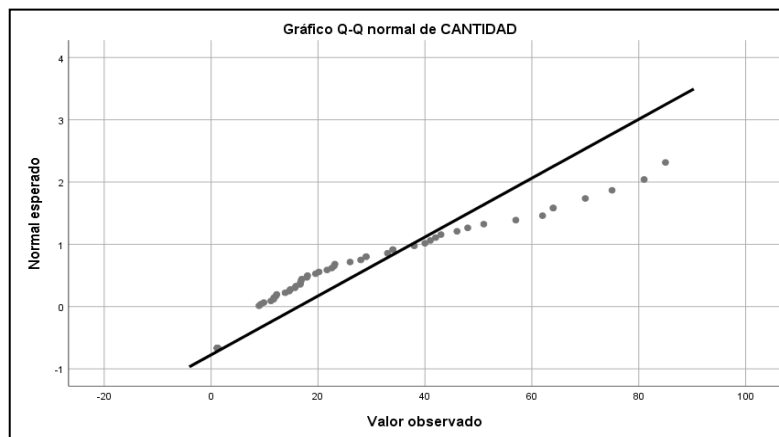
*Datos de Prueba de normalidad.*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CANTIDAD	,264	96	,000	,752	96	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS. Versión. 25. 2018

**Análisis.** Como se puede observar en la tabla de pruebas de normalidad, indica el valor del “sig”, es menor que el punto crítico (1.96), no se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), la muestra tiene una distribución normal, tal como se muestra en la figura 38.



**Figura 38.** Distribución normal de puntos.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia una distribución normal de puntos de los contaminantes atmosféricos, para ambas épocas de verano e invierno.

**Tabla 59**

*Datos de Prueba de efectos de inter-sujetos.*

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Variable dependiente: CANTIDAD						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	2369,687 <sup>a</sup>	11	215,426	,451	,928	,056
Intersección	25767,051	1	25767,051	53,947	,000	,391
ALTURA	1566,712	1	1566,712	3,280	,074	,038
REPETICIONE S	671,869	5	134,374	,281	,922	,016
ALTURA * REPETICIONE S	131,106	5	26,221	,055	,998	,003
Error	40121,207	84	477,633			
Total	68257,945	96				
Total corregido	42490,894	95				

a. R al cuadrado = ,056 (R al cuadrado ajustada = -,068)

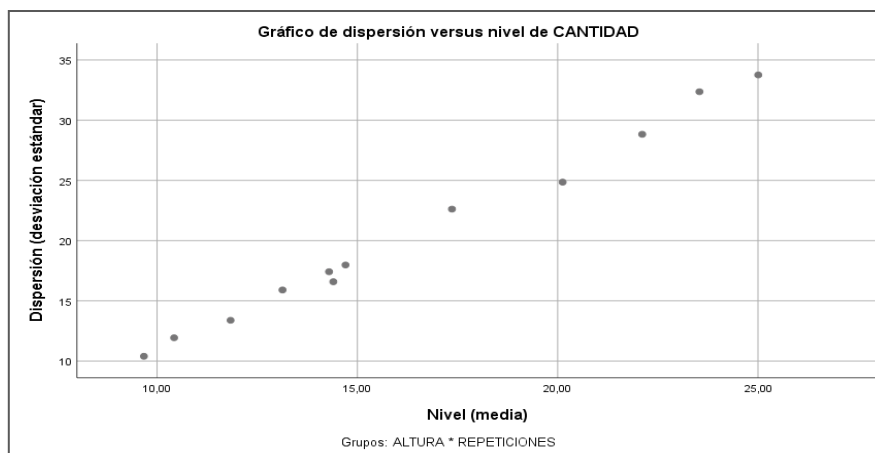
Fuente: SPSS. Versión 25.2018

### **Análisis.**

**Altura.** Con este resultado del sig con 0.074, indica que no podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), esto equivale a decir que no hay diferencia entre las medias de las alturas.

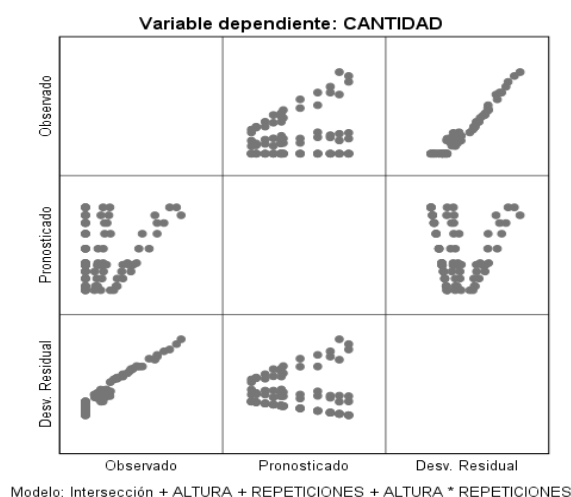
**Repeticiones.** Con este resultado del sig con 0.922, indica que no podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), esto equivale a decir que no hay diferencia entre las medias de las repeticiones.

**Altura y repeticiones.** Con este resultado del sig con 0.998, indica que no podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), esto equivale a decir que no hay diferencia entre las medias de las alturas y las repeticiones.



**Figura 39.** Dispersión puntos estadística.

**Análisis.** En la presente figura, se aprecia que existe una distribución normal de puntos de los contaminantes atmosféricos, para ambas épocas de verano e invierno.



**Figura 40.** Análisis de pronóstico.

**Análisis.** En la presente figura, indica que la concentración de contaminantes atmosféricos disminuye a medida que aumenta la altura.

### 3.1.15. Evaluación de Impacto Ambiental Potencial

#### a) Objetivo.

El objetivo del presente proyecto de investigación es de identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales, tomando en cuenta los elementos y



componentes del ambiente, orientado a lograr que el desarrollo de las actividades se enmarque en armonía con el ambiente.

#### **b) Metodología.**

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales del presente proyecto de investigación se ha utilizado la matriz de Leopold, aplicando el criterio de la valoración escalar centesimal de dicha matriz, es un sistema de evaluación ambiental, esencialmente como método de identificación y puede ser usado como método de resumen para la comunicación de resultados, que posibilita la integración entre los componentes ambientales y las actividades del proyecto, la misma que consistió en colocar en las columnas el listado de las acciones o actividades que puedan alterar al ambiente y sobre sus filas el listado de los elementos/componentes y atributos del ambiente que pueden ser afectados por actividades desarrollados en la zona de estudio de la manera siguiente:

- Identificación de las interacciones existentes, para lo cual se tomó en cuenta todas las actividades que puedan tener un lugar en el presente proyecto, sistematizándolo en las respectivas matrices de Leopold.
- Se trabajó con una matriz excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto.
- Consideraron todos los factores ambientales para cada acción, que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción.
- El análisis de la información obtenida en el estudio correspondiente a la línea de base ambiental se complementó con el análisis de la información secundaria obtenida de fuentes oficiales
- En la fase de identificación y valoración de impactos potenciales se interrelacionaron los factores ambientales con las actividades potenciales de causar impactos de las diversas actividades socioeconómicas realizadas en la zona de estudio.
- Una vez llenas las cuadrículas se procedió a evaluar e interpretar los números colocados en las tablas correspondientes. Las sumas de columnas y

filas permitieron hacer los comentarios correspondientes que consiste en la discusión de los impactos más significativos del presente proyecto

- Se ha identificado como acción generadora de impactos ambientales potenciales en la población de Segunda Jerusalén al “proceso de inmisión de partículas en el aire y gases producto de la realización de las diversas actividades socioeconómicas”.
- Los factores ambientales que se consideran potencialmente afectados por el proceso de inmisión de partículas en el aire son:
  - Factores abióticos: tierra, agua, aire, procesos naturales.
  - Factores biológicos: flora y fauna.
  - Factores socio-económicos: uso del suelo, actividad humana, interés estético, nivel cultural, infraestructura y servicios.
- Se realizó la identificación de incidencias del proceso de inmisión de partículas en el aire sobre los factores y componentes ambientales mencionados, considerando a cada muestra de aire analizada como una acción individual generadora de impactos ambientales potenciales.
- En la tabla 58 se muestra la matriz de calificación de incidencias del proceso de inmisión de partículas en el aire.
- En la tabla 59 se muestra la matriz de nivel escalar óptimo de los impactos ponderados del proceso de inmisión de la calidad del aire.
- Finalmente se obtiene los resultados, del nivel escalar óptimo, dando cumplimiento a los resultados del presente proyecto

### **c) Ponderación de los Impactos Ambientales.**

Una vez identificados y caracterizados los efectos de cada uno de los puntos de monitoreo que se generan sobre los “componentes del ambiente”, se realiza un análisis cualitativo de estos impactos a través de una “matriz de ponderación de impactos”. Para ello se asume una valoración de los impactos en función a las características o propiedades principales de estos impactos, las cuales están orientadas a calificar el grado de afectación ambiental siendo estas: la (magnitud), la persistencia de los efectos sobre el ambiente, la (duración) y la capacidad de ser revertidos (mitigabilidad):

➤ Magnitud (M): Baja, Moderada o Alta.

- Duración (D): Temporal Moderada o Permanente.
- Mitigabilidad (MI): Baja, Moderada o Alta.
- Significancia (S): Baja, Moderada o Alta.

Para el presente estudio se utilizó en la evaluación un valor cualitativo en función del grado de afectación previsible, concordante con los cambios que se producirán en cada punto de monitoreo para Material Particulado PM<sub>2.5</sub> del proyecto, cuyo valor propuesto es en base al grado de significancia, quedando de la siguiente manera:

**Tabla 60**

*Ponderación de los impactos ambientales*

Símbolo	Escala Jerárquica	Ponderación de Impactos	
	Cualitativa	Negativos	Positivos
TI	Positivo		+
	Negativo	-	
M	Baja (B)	1	1
	Moderada (M)	2	2
	Alta (A)	3	3
D	Temporal (T)	1	1
	Moderada (M)	2	2
	Permanente (P)	3	3
MI	Baja (B)	1	1
	Moderada (M)	2	2
	Alta (A)	3	3
S	Baja (B)	0 – 3	0 – 3
	Moderada (M)	4 – 6	4 - 6
	Alta (A)	7 – 9	7 – 9

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 61**

*Matriz de evaluación del proceso de inmisión de partículas sobre los factores y componentes ambientales.*

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INCIDENCIAS 351, SOBRE 456 UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL		PROCESOS DE INMISION DE PARTICULAS EN SUSPENSION																								TOTALS							
		EN SEGUNDA JERUSALEN-2015-2016																															
		ÉPOCA DE VERANO-2015												ÉPOCA DE INVIERNO-2016																			
		22.58	16.72	20.17	15.69	16.82	11.74	21.69	16.95	23.15	15.86	19.55	14.60	16.67	12.11	17.90	11.19	12.27	9.86	14.82	9.30	18.03	11.69	13.85	8.97								
OFERTA AMBIENTAL		Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	LECTURAS HORIZONTALES							
FACTORES AMBIENTALES	FISICOS	TIERRA	SUELO	MPM	BMB	MMB	BMB	BMB		MMB	BMB	MPM	BMB	MMB	BMB		MMB		BMB		BMB		MMB				BMB	BMB	BMB	BMB			
			VALOR DEL SUELO	MPM	BMB	MMB	BMB	BMB		MPM	BMB	MPM	BMB	MPB	BMB	BMB		BMB		BMB		BMB		MPB							BMB	BMB	
		AGUA	SUPERFICIAL	MPB	BMB	MPBM	BMB	BMB	BMB	MPB	BMB	MPM	BMB	MPB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	MPB	BMB	BMB	BMB					BMB	BMB
			CLIMA	MPM	MPB	MPBM	BMB	BMB	BMB	MPB	MPB	MPM	BMB	MPB	BMB	BMB		BMB						BPM								BMB	BMB
		AIRE	VISIBILIDAD	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB		BMB	MMB	BMB						BMB				BMB		BMB		BMB						BMB	BMB
			FLORA	ÁRBOLES	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB		MMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB		BMB				BMB								BMB
	BIOLÓGICOS	FAUNA	HIERBAS	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	MMB	BMB	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB
			MICROFLORA	MMB	BMB	MMB	MMB	BMB	BMB	MMB	MMB	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB
		AVES	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB		MMB	BMB	MMB				BMB																BMB	BMB	
		INSECTOS	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB		MMB	BMB	BMB				BMB																	BMB	BMB
	SOCIOECONOMICO	USO DE SUELOS	MICROFAUNA	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB		MMB	BMB	MMB			BMB																BMB	BMB	
			AGRICULTURA (COSECHAS)	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	MMB	BMB	MMP	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	MMB	BMB	BMB						BMB	BMB
		ACTIVIDADES	ZONA URBANA	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	MMB	BMN	MMP	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB		MMB	BMB	BMB						BMB	BMB
			OCUPACION	MPM	MMB	MPM	MMB	BMB		MPM	MMB	MPM	MMB	MMB	BMB	MMB	BMB	MMB	BMB			BMB		MPM		MPM						MPM	MPM
			SOCIALES (CALIDAD DE VIDA)	MPM	MMB	MPM	MMB	BMB		MPM	MMB	MPM	MMB	MMB	BMB	MMB	BMB	MMB	BMB			BMB		MPM		MPM						MPM	MPM
		NIVEL CULTURAL	ZONAS DE RECREO	MPM	MMB	MPM	MMB	BMB		MPM	MMB	MPM	MMB	MMB	BMB	MMB	BMB	MMB	BMB			BMB		MPM		MPM						MPM	MPM
	SALUD Y SEGURIDAD		MPM	MMB	MPM	MMB	BMB	BMB	MPM	MMB	MPM	MMB	MMB	BMB	MMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB					BMB	BMB	
	TOTALS LECTURA VERTICAL	MUESTRAS	TOTAL	PARCIALES	MPM	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	MMB	BMB	MPM	BMB	MMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	BMB	
				TOTAL	BMB												BMB												BMB				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62**

*Matriz de significancia del proceso de inmisión de partículas sobre los factores y componentes ambientales.*

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE INCIDENCIAS 351, SOBRE 456 UNIDADES DE IMPACTO AMBIENTAL			DEMANDA AMBIENTAL		PROCESOS DE INMISION DE PARTICULAS EN SUSPENSION EN SEGUNDA JERUSALEN-2015-2016																								TOTALES LECTURAS HORIZONTALES			
					ÉPOCA DE VERANO-2015												ÉPOCA DE INVIERNO-2016															
					Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06	Pto. MUESTRA 01	Pto. MUESTRA 02	Pto. MUESTRA 03	Pto. MUESTRA 04	Pto. MUESTRA 05	Pto. MUESTRA 06				
OFERTA AMBIENTAL					22.58	16.72	20.17	15.69	16.82	11.74	21.69	16.95	23.15	15.86	19.55	14.60	16.67	12.11	17.90	11.19	12.27	9.86	14.82	9.30	18.03	11.69	13.85	8.97				
FACTORES AMBIENTALES	FISICOS	TERRA	SUELO	M	B	M	B	B		M	B	M	B	M	B	B	B		M		B		B		M					B	B	
		AGUA	VALOR DEL SUELO	M	B	M	B	B		M	B	M	B	M	B	B	B	B		B		B		B		M						
		TIERRA	SUPERFICIAL	M	B	M	B	B	B	M	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B		
		AGUA	CLIMA	M	M	M	B	B	B	M	M	M	B	M	B	B		B		B						M						
		TIERRA	VISIBILIDAD	B	B	B	B	B		B	M	B								B				B		B		B				
		BIOLÓGICOS	FLORA	ÁRBOLES	M	B	B	B	B		M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B		B				B					
	FLORA		HIERBAS	M	B	M	B	B	B	M	B	M	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
	FLORA		MICROFLORA	M	B	M	M	B	B	M	M	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
	FAUNA		AVES	M	B	M	B	B		M	B	M			B					B							B					
	FAUNA		INSECTOS	M	B	M	B	B		M	B	B			B					B							B					
	FAUNA		MICROFAUNA	M	B	M	B	B		M	B	M			B					B							B					
	SOCIOECONOMICO	USO DE SUELOS	AGRICULTURA (COSECHAS)	M	B	M	B	B	B	M	B	M	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B		M	B	B			
		USO DE SUELOS	ZONA URBANA	M	B	M	B	B	B	M	M	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		M	B	B			
		ACTIVIDADES	OCUPACION	M	M	M	M	B		M	M	M	M	M	B	M	B	M	B					B		M		M				
		ACTIVIDADES	SOCIALES (CALIDAD DE VIDA)	M	M	M	M	B		M	M	M	M	M	B	M	B	M	B					B		M		M				
		ACTIVIDADES	ZONAS DE RECREO	M	M	M	M	B		M	M	M	M	M	B	M	B	M	B					B		M		M				
		ACTIVIDADES	SALUD Y SEGURIDAD	M	M	M	M	B	B	M	M	M	M	M	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	
	NIVEL CULTURAL	EDUCACIÓN	M	M	M	M	B	B	M	M	M	M	M	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B		
COMERCIO		M	M	M	M	B	B	M	M	M	M	M	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	B	B			
TOTALES LECTURA VERTICAL			PARCIALES	M	M	M	B	B	B	M	B	M	B	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
			MUESTRAS	M												B																
			TOTAL	B																												

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos para el presente estudio sobre los niveles de concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , determinado en 12 puntos y 24 horas de monitoreo, realizado con un equipo automático, el nivel de contaminación en la matriz de evaluación es BAJO PERMANENTE BAJO, (BPB), y en la matriz de significancia el resultado final es de BAJO (B). Como se muestran en la tabla 62.

### **3.1.16. Medidas de control, mitigación y prevención**

Propuesta de medidas de control, mitigación y prevención de contaminación atmosféricas en suspensión por Material Particulado:

#### **a) Control:**

- Plan de protección y vigilancia de la calidad de aire en el distrito de Segunda Jerusalén
- Aplicación de medidas legales a los infractores de las actividades industriales que no cuenten con su respectivo permiso de operación.

#### **b) Mitigación:**

- Riego continuo de canteras de materiales de industrias presentes en el medio
- Mayor control en el parque automotor en cuanto a desplazamiento de vehículos antiguos.

#### **c) Prevención:**

- Educación Ambiental a los estudiantes de los Niveles de Educación Primaria, Secundaria y Superior.
- Educación Ambiental a los trabajadores de las pequeñas industrias ladrilleras.
- Mantenimiento de vehículos motorizados

### **3.1.17. Modelo propuesto de contaminación atmosférica**

#### **a) El Modelo.**

La noción de modelo constituye uno de los temas centrales de la Filosofía actual de la Ciencia; qué sea un modelo, para qué se utiliza, cuáles son sus límites y su alcance, son preguntas imprescindibles para una

epistemología científica que, como disciplina empírica, se ocupe del lenguaje de la ciencia, de sus productos y sus desarrollos, de su lógica interna y de su metodología, (Calvo Vélez, D. 2006, p. 17).

Los modelos atmosféricos de dispersión de contaminantes son herramientas físico-matemáticas que permiten simular las condiciones reales de transporte y dispersión de los contaminantes como producto de la interacción de las condiciones meteorológicas y las propias de las fuentes de emisión. La información requerida considera la ubicación geográfica de las fuentes, la concentración de los contaminantes emitidos, y factores meteorológicos tales como la turbulencia atmosférica, velocidad del viento, temperatura y presión atmosférica, (Astudillo Romero M, 2012, p. 06).

#### **b) Diseño del Modelo**

El modelo matemático propuesto se describe bajo lo siguiente

- El ambiente como sistema
- Los componentes que influyen en el sistema entre ellos: el relieve topográfico y los Parámetros Meteorológicos entre ellos: Temperatura, Precipitación, Dirección y velocidad del viento Humedad Relativa.
- Las Emisiones Atmosféricas compuesto por el Material Particulado y los Gases presentes en la atmosfera.
- El instrumento de Gestión Ambiental: Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), la que permite conocer el nivel de concentración de los parámetros atmosféricos.
- Los efectos sobre la salud de la población.

Se representa mediante la siguiente expresión:

$$(RT, PM \text{ y } EM) + (CCA,) = (ESP)$$

#### **Donde:**

RT: Relieve Topográfico

PM: Parámetros Meteorológicos

EM: Emisiones Atmosféricas

CCA: Concentración de Contaminantes Atmosféricos

ESP: Efectos sobre la Salud de la Población

Resumiendo, el modelo que se presenta a continuación está basado en un modelo reduccionista y dentro de un método inductivo y matemáticamente definido de la siguiente manera:

$$Y = f(X, Z)$$

**Dónde:** Y: Efectos sobre la salud de la población

X: Es la sumatoria o índice de contaminantes atmosféricos (Material Particulado y gases).

Z: Relieve Topográfico y los Parámetros meteorológicos: Temperatura, Precipitación, Dirección y velocidad del viento, Humedad Relativa y Radiación solar.

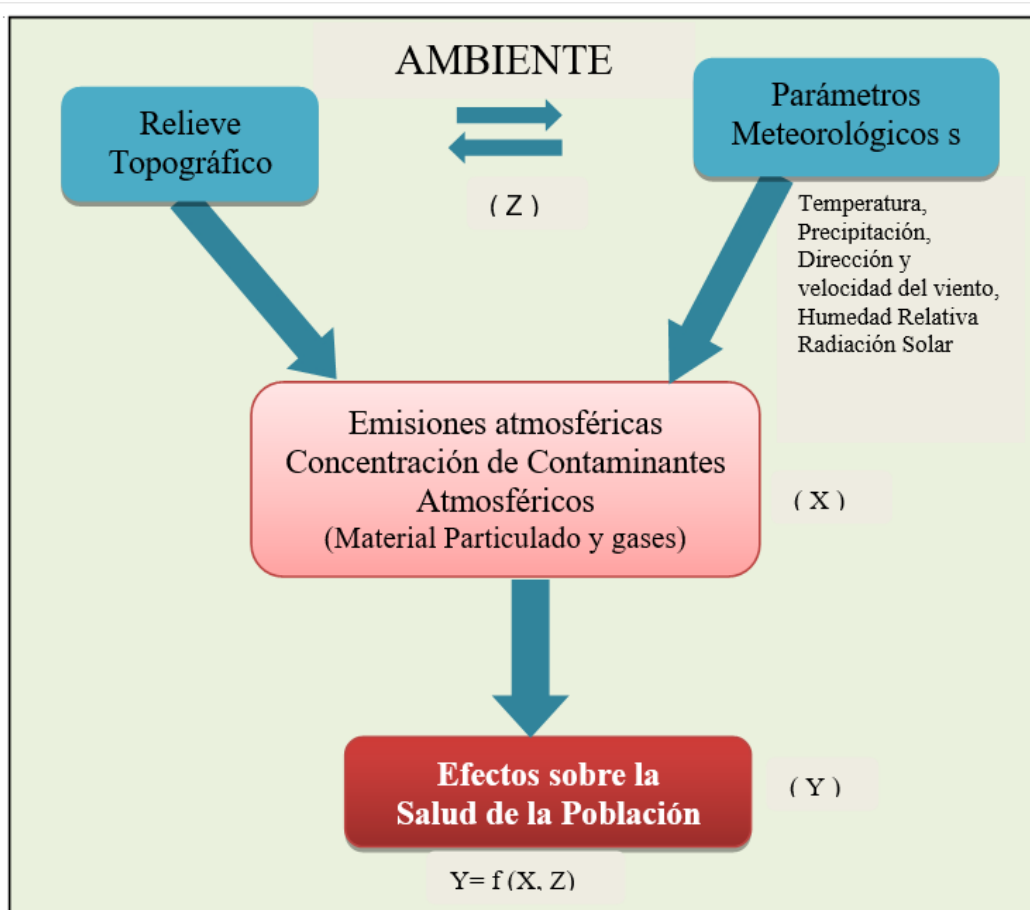
#### c) **Justificación del Modelo**

El modelo que se ha adaptado para el presente estudio de investigación está relacionado con los factores de Relieve Topográfico, Parámetros meteorológicos, nivel de concentración de Contaminación Atmosférica y los Contaminantes Atmosféricos, con la finalidad de determinar si los Efectos a la Salud de la Población (Y) están en función de la Concentración de Contaminantes Atmosféricos (X) en relación con los Parámetros Meteorológicos y el Relieve Topográfico (Z)

#### d) **Descripción del modelo.**

La explicación matemática se demuestra que, en el presente modelo esquemático, se indica que los Efectos de la Salud de la Población (Y), producto de la emisiones o índice de Concentración de Contaminantes Atmosféricos (X), están en función de los Parámetros Meteorológicos y Relieve Topográfico (Z), tal como se muestra en la siguiente fórmula matemática;  $Y = f(X, Z)$ . como se muestra en la presente figura:





**Figura 41.** Modelo de Contaminación Atmosférica. (Fuente: Elaboración propia).

Para (Astudillo Romero M, 2012, p. 04), “calidad del aire”, se define como la relación existente entre la contaminación del aire y los efectos que estos tienen en la salud de la población.

La amenaza relativa para la salud que representan los diferentes gases y partículas contaminantes depende de su concentración en tiempo y distancia, lo cual implica que los efectos de los contaminantes del aire sobre la salud pueden variar entre los países, (OMS, 2004, p. 05).

## 3.2. Discusiones

### 3.2.1. Concentración de material particulado en suspensión (PM<sub>2.5</sub>)

De acuerdo a la tabla 63, se establecer la presencia de una variada concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub>, en el transcurso del día. Sin embargo, se evidencia

que ante el contraste entre repeticiones los valores obtenidos disminuyen a medida que aumenta la altura, en todas las repeticiones y épocas del año, 2015 y 2016. Por otro lado, se pudo determinar que esta concentración de material particulado  $PM_{2.5}$  está relacionada con la presencia de actividades industriales y el incremento del tránsito vehicular.

**Tabla 63**

*Resultados sistematizados del peso de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , para las épocas de verano e invierno-2015-2016.*

N°	RESULTADOS PESO $PM_{2.5}$	PUNTO1		PUNTO2		PUNTO3	
		PA1	PB2	PA3	PB4	PA5	PB6
1	Época de verano-2015. Primera repetición	22.58	16.72	20.17	15.69	16.82	11.74
2	Época de verano-2015. Segunda repetición.	21.69	16.95	23.15	15.86	19.55	14.60
3	Época de invierno-2016. Primera Repetición.	16.67	12.11	17.90	11.19	12.27	9.86
4	Época de invierno-2016. Primera Repetición.	14.82	9.30	18.03	11.69	13.85	8.97

(\*) El volumen estándar es obtenido por lectura directa en el equipo, a 25°C y 760 mm Hg.

Fuente: Empresa SERVITA EIRL, 2017.

Los factores causantes de estas partículas. Según (Fernando D. et al, 2007, p. 250), esta variación tan armónica entre la contaminación atmosférica y la densidad del tránsito vehicular confirma la dependencia entre estas variables y permite aseverar que la combustión de los vehículos automotores es la principal responsable de los niveles de material particulado tan altos en los ambientes urbanos. Para la (OMS, 2005, p. 10), señala que el  $MP_{10}$  representa la masa de las partículas que entran en el sistema respiratorio, y además incluye tanto las partículas gruesas (de un tamaño comprendido entre 2,5 y 10  $\mu$ ) como las finas (de menos de 2,5  $\mu$ ,  $PM_{2.5}$ ) las mismas que tienen efectos nocivos en la salud según estudios realizados en entornos urbanos.

Los estudios más recientes indican que, en general, el  $MP_{2.5}$  es un mejor predictor de los efectos sobre la salud que el  $MP_{10}$ . También hay evidencia reciente de que los componentes del  $MP_{2.5}$  como los sulfatos y las partículas

altamente ácidas, algunas veces son mejores predictores de los efectos sobre la salud que el  $MP_{2.5}$ , (OMS, 2004, p. 51). La combustión de leña y otros elementos de biomasa también puede ser una fuente importante de contaminación atmosférica; las partículas de combustión resultantes son en su mayoría del tipo fino ( $MP_{2.5}$ ), (OMS, 2004, p. 9).

### 3.2.2. Concentración de gases $SO_2$ , $NO_2$ y CO

De acuerdo a la tabla 64 Para los gases de Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ) y Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) se evidencia que los valores obtenidos son constantes, sin embargo, para CO, disminuyen a medida que aumenta la altura, para todas las repeticiones y épocas de estudio

**Tabla 64**

*Resultados sistematizados de gases  $SO_2$ ,  $NO_2$  y CO, para las épocas de verano e invierno.*

N°	EPOCAS DEL AÑO	FECHA	PUNTOS	PARAMETROS		
				$SO_2$ $\mu g/m^3$	$NO_2$ $\mu g/m^3$	CO ( $\mu g/m^3$ )
1	Época de verano-2015. Primera repetición.	21/10/2015	A1	>1.2	>1.2	81
		22/10/2015	B2	>1.2	>1.2	46
		23/10/2015	A3	>1.2	>1.2	70
		24/10/2015	B4	>1.2	>1.2	34
		25/10/2015	A5	>1.2	>1.2	48
		26/10/2015	B6	>1.2	>1.2	29
2	Época de verano-2015. Segunda repetición.	27/10/2015	A1	>1.2	>1.2	85
		28/10/2015	B2	>1.2	>1.2	41
		29/10/2015	A3	>1.2	>1.2	64
		30/10/2015	B4	>1.2	>1.2	40
		31/10/2015	A5	>1.2	>1.2	43
		01/11/2015	B6	>1.2	>1.2	26
3	Época de invierno-2016. Primera Repetición.	16/05/2016	A1	>1.2	>1.2	75
		17/05/2016	B2	>1.2	>1.2	38
		18/05/2016	A3	>1.2	>1.2	64
		19/05/2016	B4	>1.2	>1.2	29
		20/05/2016	A5	>1.2	>1.2	57
		21/05/2016	B6	>1.2	>1.2	28
4	Época de invierno-2016. Segunda Repetición.	22/05/2016	A1	>1.2	>1.2	62
		23/05/2016	B2	>1.2	>1.2	33
		24/05/2016	A3	>1.2	>1.2	51
		25/05/2016	B4	>1.2	>1.2	42
		26/05/2016	A5	>1.2	>1.2	34
		27/05/2016	B6	>1.2	>1.2	23

Fuente: Empresa SERVITA EIRL, 2017.

Estos resultados nos permiten analizar la presencia de estos gases que podrían ser nocivos para la salud de los pobladores de esa zona. (Quijano Parra, A.,

José Alejandro Orozco M. 2005. p. 05), mencionan que diversos autores se han encaminado también a evaluar la influencia del material particulado atmosférico fino sobre el número de casos de cáncer de pulmón. Cohen (2000) y Nyberg et al. (2000) encontraron una relación directa con las emisiones de los motores de los vehículos, estimadas a partir de las emisiones de NO<sub>2</sub>. Asimismo, Bhatia et al. (1998) y Lipsett y Campleman (1999) afirman que las emisiones de los motores diesel podrían ser la causa de este incremento en los casos de cáncer de pulmón, en conjunto o de forma independiente de las emisiones de NO<sub>2</sub> contaminante. Sin embargo, Abbey et al. (1999) discuten la relación entre PM<sub>2.5</sub> y cáncer de pulmón, al observar un mayor grado de correlación con PM<sub>10</sub> y las emisiones de SO<sub>2</sub>.

Se establece la concentración de contaminantes de material particulado PM<sub>2.5</sub>, y gases en relación con el Índice de Calidad de Aire (INCA), se ha obtenido un valor del INCA, con 46.30 µg/m<sup>3</sup> y para los gases de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), que presenta una relación constante en ambas alturas y para ambas épocas de estudio años 2015 y 2016, con concentraciones de >1.2 µg/m<sup>3</sup> y con valor del INCA, de 0.48 µg/m<sup>3</sup> y 0.6 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, sin embargo, para Monóxido de Carbono (CO), la mayor concentración con 85 µg/m<sup>3</sup> y con valor de INCA con 0.85 µg/m<sup>3</sup>. El Valor Umbral de Estado de Cuidado (VUEC), se encuentra, dentro del valor de 0-50, de los contaminantes atmosféricos con valor de BUENA, lo que quiere decir, que no constituyen riesgos para la salud.

#### Parámetros meteorológicos

Según (MEN, 2007, p. 54), menciona que la velocidad y dirección del viento son factores determinantes para la dispersión de las emisiones de aire. La velocidad del viento afecta el grado de dispersión, mientras que la dirección determina dónde ocurrirán los mayores impactos. Una mayor velocidad del viento incrementa la dispersión, lo que significa que la concentración de contaminantes disminuirá en cualquier lugar y se expandirá el área del impacto. Por el contrario, una menor velocidad del viento disminuye la dispersión, lo que significa una mayor concentración de contaminantes cerca al punto de

emisión. Para el presente estudio la dirección y velocidad del viento presenta mayor tendencia en estado de Calma (C) y en menores tendencias con dirección Nor Este (NE) y Sur Este (SE), para ambos periodos. Para (MEN, 2007, p. 128), menciona que los vientos menores de 0.5 m/s son considerados como calma y no tienen una dirección asociada.

Es importante mencionar que en lo que respecta a los valores establecidos en la normativa peruana con respecto a la calidad del aire, sobre los niveles de concentración de los parámetros de Material Particulado  $PM_{2.5}$ , se ha determinado niveles de concentración de  $17.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $13.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sin embargo, para la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera valores de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para 24 h, por lo que el promedio de los resultados de la época de verano estaría muy cerca del valor de la OMS, y sería un riesgo para la salud y el ambiente. Sin embargo para (Gómez, A, et al, 2003. p. 27), menciona que dos estudios epidemiológicos realizados por la Sociedad Americana de Cáncer y la Universidad de Harvard muestran que las personas que viven en ciudades más contaminadas han aumentado el riesgo de muerte prematura, comparadas con personas que habitan en ciudades menos contaminadas.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que el nivel de concentración de Material Particulado  $PM_{2.5}$  en la población de Segunda Jerusalén, estudio realizado en los años 2015 y 2016 épocas de verano e invierno primera y segunda repetición se determinó una concentración máxima de  $23. \mu g/m^3$  y mínima de  $12.27 \mu g/m^3$  a nivel de superficie de suelo hasta 1.5mt y para alturas entre 6 a 8 mt, la concentración máxima es de  $16.95 \mu g/m^3$  y una mínima de  $8.97 \mu g/m^3$ . El cual se evidencia que el valor obtenido del nivel de concentración disminuye a medida que aumenta la altura y está relacionada con la presencia de actividades industriales y el incremento del tránsito vehicular. Cuyos valores se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental (ECA) que son de  $50 \mu g/m^3$  (24 horas) ECA-MINAM y  $25 \mu g/m^3$  ECA-OMS. Con valores del Índice de Calidad del Aire (INCA) de clasificación BUENA.
- Se concluye que el nivel de concentración para gases en la población de Segunda Jerusalén, estudio realizado en los años 2015 y 2016 épocas de verano e invierno, primera y segunda repetición, para Monóxido de Carbono (CO), se determinó una concentración máxima de  $85 \mu g/m^3$  y mínima de  $34 \mu g/m^3$ , a nivel de superficie de suelo a alturas de 1.5mt y para alturas entre 6 a 8 mt, la concentración máxima de  $46 \mu g/m^3$  y mínima de  $23 \mu g/m^3$ . Para Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ) y Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ) los valores obtenidos son constante en todos los puntos siendo el valor  $>1,2 \mu g/m^3$ , está relacionada con la presencia de actividades industriales y el incremento del tránsito vehicular. Cuyos valores se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad Ambiental ECA-MINAM siendo de (8 horas)  $10000 \mu g/m^3$  y ECA-OMS (8 horas),  $10000 \mu g/m^3$ . Con valores del Índice de Calidad del Aire (INCA) de clasificación BUENA.
- Se concluye que de acuerdo a la evaluación de los impactos ambientales para material particulado  $PM_{2.5}$ , en la Matriz de evaluación, el resultado es BAJO PERMANENTE BAJO, (BPB) y en la matriz de significancia el resultado final BAJO (B). Con la finalidad de preservar la calidad del medio atmosférico de la zona de estudio, es necesario llevar a cabo una serie de actividades de control, mitigación y prevención de la contaminación atmosférica por material particulado en suspensión. y gases, cuyas medidas deben ser de interés de la municipalidad distrital y de la otra parte la empresa privada, para el mejor control de la emisión de contaminantes a la atmosfera.

## RECOMENDACIONES

- A la Municipalidad distrital de Elías Soplín Vargas, efectuar medidas de preservación de la calidad del medio atmosférico, prevención de la contaminación atmosférica y control de las fuentes de emisión de sustancias contaminantes, las cuales deben estar contenidas en un Plan de Acción Local, fortalecido a través de alianzas estratégicas con las instituciones pública y privadas del ámbito local, integrando a la Dirección Regional de Salud, la Defensoría del Pueblo, la empresa CSSA, la Universidad Nacional de San Martín, la Universidad Católica Sede Sapientae la Dirección Regional de Educación, la Comisión Ambiental Municipal, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNAMP), la Municipalidad Provincial de Rioja y organizaciones de base de la comunidad.
- A la empresa Cementos Selva S. A., debe desarrollar un programa de vigilancia de la calidad del aire que incorpore monitoreos continuos con la participación de la comunidad y que estos resultados sean informados de manera permanente a la población del distrito.
- A la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín y la Universidad Católica Sede Sapientae-Nueva Cajamarca y centros de investigación privados, realizar investigaciones de la calidad del aire y epidemiológicas pertinentes, en el área de influencia de las emisiones de sustancias contaminantes de manera permanente.
- A la Dirección Regional de Salud, (DIGESA), realizar estudios epidemiológicos permanentes de la población expuesta a los efectos de la contaminación atmosférica, en el distrito Elías Soplín Vargas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbey et al. (1995). Los síntomas crónicos respiratorios relacionados con las concentraciones ambientales a largo plazo de las partículas finas, menos de 2,5 micras de diámetro aerodinámico (PM<sub>2.5</sub>) y otros contaminantes del aire. *Medio Epidemiol.* Vol.5. p.137-159.
- Armas Ramírez, C. *et al.* 2001. *Tecnología Ambiental*. Edit. Apligragraf S.R.L. Trujillo-Perú. p. 338.
- Astudillo, Romero. M. (2012). *Modelación de dispersión espacial de contaminantes del aire en la ciudad de Cuenca*. Quito- Ecuador. p. 03, 04, 06 y 11.
- Buitrago, A. J. (2003). *Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la calidad del aire de Manizales*. Colombia. p.36.
- Blaser, M. (2000). *Dispersión de la Contaminación Atmosférica causada por el tráfico vehicular*. San Salvador-El Salvador. p. 15.
- Calvo Vélez, David. (2006). *Tesis Doctoral "Modelos Teóricos y representación del conocimiento"*. Madrid. España. p. 17.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS, (1999). *Curso de orientación para el control de la contaminación del aire. Manual de auto-instrucción*. Lima-Perú. p. 02
- Constitución Política del Perú. (1993). Lima-Perú. p. 04.
- Construcción Safety Council. (2011). *Los peligros a la salud en el trabajo de la construcción*. Estados Unidos. p. 46.
- Comisión Nacional y Medio Ambiente de Chile (CONAMA). (2005). *Informe de Gestión de la Calidad del Aire*. Concepción-Chile. p. 11.
- Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, (2011). *Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana*. Lima-Perú. p. 58.
- Dietrich Schwela. (2011). *Gestión de la calidad del aire*. (Stockhol Enviroment Institute-SEI. Editor. Deutsche Gesellschaft fur Unternationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH P.O.Box 5180. Boon, Alemania. p. 12.



- D.S. N° 012-2009. Política Nacional del Ambiente. MINAM. Lima-Perú. P. 30.
- Decreto Supremo N° 003-2017. MINAM. Lima-Perú. p. 05.
- DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). (2005). Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los datos. Lima Perú. p. 12, 13, 18, 19, 20, 26 y 27.
- Espinoza R, E. M. (2007). Revisión y estructuración de los manuales de monitoreo atmosférico para fortalecer la operación y mantenimiento de redes de monitoreo de la calidad del aire que operan en el país, INE/ADE-037. México. p. 113.
- Espinoza G. (2002). Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile. p. 174.
- Espinoza Rubio. M. Informe/Producto final. Asesoría INE/ADE-037, (2007). México. p. 113.
- Fernando Daniels et al, (2007), Contaminación Atmosférica y Efectos sobre la Salud De la Población Medellín y su área metropolitana Medellín-Colombia. p. 250).
- García, García, J. A. (2008). Apuntes de Contaminación Atmosférica. Badajos. p. 03, 08 y 43.
- García, M. R. (2012). Las inversiones térmicas y la contaminación atmosférica en la zona Metropolitana de Guadalajara. México. p. 03.
- Gómez Alfredo. et al (2003). Evaluación de las partículas suspendidas totales (PST) y partículas respirables (PM<sub>10</sub>) en la zona de Guayabal, Medellín, Colombia- P.27.
- Gutiérrez. J. (sf), La contaminación del aire por emisiones gaseosas y su regulación en el Perú. p. 02.
- GEO5. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). 2012. Perspectivas del medio ambiente mundial: medio ambiente para el futuro que queremos. Editora Novo Art, S.A. en Panamá. Kenia. p. 33. disponible en:<http://www.tysmagazine.com/libro-gratuito-geo-5-perspectivas-del-medio-ambiente-mundial-medio-ambiente-para-el-futuro-que-queremos/>
- Herrera, D. S. (2011). Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión pm<sub>10</sub> del medio atmosférico urbano en Segunda Jerusalén-Rioja-San Martín-Perú. Perú. Moyobamba. p. 19 y 69.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (2011). Método 5 determinación de material particulado en fuentes estacionarias. Versión N° 01. Lima-Perú. p. 03.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMATICA (INEI), (2015). Anuario de Estadísticas Ambientales. Lima-Perú. p. 249-250.
- Kiely G. (1999). Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistema de Gestión. Nomos Editor. Colombia. p.07-09.
- Larden, B. (2003). "Higiene y salud en los países en desarrollo: la definición de prioridades a través de evaluaciones de coste- beneficio." International Diario de Investigación en Salud Ambiental, N° 13. 2003. Lima-Perú. p. 37 a 46.
- Ley General del Ambiente Ley N° 28611. (2008). Lima-Perú. p. 01, 03, 06, 12 y 13.
- Ley N° 26842-97. Ley General de Salud, y su modificatoria, Ley N° 27604-2001.Lima-Perú. p. 26-27.
- Martínez, S. (2000). Evaluación de la contaminación atmosférica producida por partículas en suspensión en las redes de calidad del aire en la comunidad de Madrid. Edit. CIEMAT. p. 10.
- Martínez A y Romieu (1997). Introducción al monitoreo atmosférico, Centro Panamericano de Ecología y Ambiente, OPS/OMS, México. p. 07, 08, 09, 16 y 17.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), (2015). *Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de San Martín. Lima-Perú. p. 38.*
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM), (2015). *Plan de acción para la mejora de la calidad del aire en la zona de atención prioritaria de la cuenca atmosférica de Moyobamba. Lima-Perú. p. 38.*
- MINISTERIO DE SALUD (MINSA), (2011). Estudio de saturación Lima Metropolitana y el Callao. p. 64.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEN), (1994). Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones del Subsector Minería, de la Dirección General de Asuntos Ambientales. Lima-Perú. Lima-Perú. p. 24, 28, 54, 128 y 169.

- MIMISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (MEN), (2007). Guía para la evaluación de impactos en la calidad del aire por actividades minero metalúrgicas. Sub sector Minería Vol. XXI. 1ra Edic. Lima-Perú. p. 28.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS)/Organización Mundial de la Salud (OMS). (2014). Guías de calidad del aire OMS. Washington DC. p. 06.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2014). Guías de calidad del aire: Material Particulado, Ozono, Dióxido de Nitrógeno y Dióxido de Azufre. Washington.DC-Estados Unidos. p. 06, 11.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, (2005). Guías de calidad del aire relativas al material particulado, el Ozono, el Dióxido de Nitrógeno, y el Dióxido de Azufre. Lima –Perú. p. 08, 09, 10, 17, 19, 100 y 101.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2004). Guías para la calidad del aire. Lima –Perú. p. Vi, 05, 08, 09, 14, 24, 25, 32, 51, 72, 100, 101 y 120.
- Quijano Parra, A., José Alejandro Orozco M. (2005), Monitoreo de Material Particulado- Fracción Respirable PM<sub>2.5</sub>. En Pamplona-Colombia. p. 05
- R. M. N° 339-2012-MINAM se establecieron 18 nuevas zonas priorizadas. Lima-Perú. p. 02.
- Resolución Ministerial N° 181-2016-MINAM. Índice de Calidad de Aire (INCA). Lima-Perú. p. 03.
- Resolución Ministerial N° 094-2017-MINAM. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establece disposiciones complementarias. Lima-Perú. p. 02
- Salvador, M. P. (2005). Caracterización de la Contaminación Atmosférica producidas por Partículas en suspensión en Madrid. Madrid-España. p. 20 y 25.
- Servicio Nacional de Meteorología y Climatología (SENAMHI). (2017). Datos meteorológicos de la provincia de Rioja-San Martín. Tarapoto Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología y Climatología (SENAMHI). (2011). Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana. Lima Perú. p. 36.
- Servicio Nacional de Meteorología y Climatología (SENAMHI), (2008). Guía básica de Meteorología General. Lima-Perú. p. 07.

Stibe, C. (2011). Documento técnico, línea de investigación: aire, ruido y radiación electromagnética. Bogotá- Colombia. p. 04.

Secretariado de Manejo del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe (SEMA). (sf). Sistema de control atmosférico de la ciudad de Cochabamba. Bolivia. p. 22.

Universidad de los Andes, (2008). Fundamentos de la Contaminación de Aire. Lima-Perú. p. 06, 08, 26.

UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECCTION AGENCY (USEPA), (2011). Lis of designated refence and equivalent methods. Human exposure & atmospheric science división (MD-D205-03). 40 CFR part 50, appendix L y A. p. 09, 15, 23, 28 y 32.

W. Strauss y Mainwaring, S.J. (2011). Contaminación del aire: causas, efectos y soluciones. 2da Edic. México. p. 23.

Woodard, Kenneth. (1998). Documento de Técnicas de control de Materia Particulada fina proveniente de fuentes estacionarias. Contrato N° 68-D-98-026 de la EPA. Carolina del Norte. EE.UU. p. 1-1 de 288.

Wayne W. Daniel. 1991. p. 283). Bioestadística: Base para el análisis de la ciencia de la salud. sexta reimpression Ed. Limusa, S, A. de CV-México. D.F.

<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table-2016>

[https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-2\\_to\\_part\\_50-2017](https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-2_to_part_50-2017).

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### Glosario de términos

**Concentración.** Contaminante presente en un medio, generalmente expresada en unidades de masa como micro o nanogramos fraccionando a una unidad de masa mayor como gramos o kilos ( $\mu\text{g}/\text{k}$  o  $\text{ng}/\text{g}$ ) o a una de volumen como centímetros o metros cúbicos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o  $\text{ng}/\text{cc}$ ).

**Concentración de 24 horas.** Corresponde a la media aritmética de los valores efectivamente medidos de concentración en cada estación monitora en 24 horas consecutivas. En caso de utilizarse monitores con resolución temporal inferior a 24 horas, o de pérdida parcial de información horaria, el número de valores a considerar en el cálculo de la media será mayor o igual que el equivalente a 18 horas.

**Contaminante primario.** Contaminante producido directamente por la actividad humana o la naturaleza.

**Contaminante secundario.** Contaminante producido a partir de algún(os) contaminante(s) primario(s) y otras sustancias.

**Contaminación intradomiciliaria.** Contaminación intra domiciliaria es toda emisión de sustancia y/o compuestos dentro de casas, colegios y oficinas que puedan afectar la salud de quienes habitan en ellas. Además, debemos saber que la contaminación al interior, puede superar al exterior y afectar más gravemente, ya que la mayor parte del día nos encontramos en espacios interiores.

**Emisión.** Lanzamiento de materiales al aire, ya sea por un foco localizado (emisión primaria) o como resultado de reacciones fotoquímicas o cadena de reacciones iniciadas por un proceso fotoquímico (emisión secundaria).

**Gravimetría.** La gravimetría se refiere a la medición del peso. El peso del filtro con el contaminante recolectado menos el peso de un filtro limpio da la cantidad de material particulado en un determinado volumen de aire.

**ICAP: Índice de Calidad del Aire por Partículas.** Es un indicador, basado en la cantidad de partículas respirables ( $PM_{10}$ ), medidas en mg, presentes en un  $m^3$ .

**Impacto Ambiental.** La alteración positiva o negativa de la calidad ambiental, provocada o inducida por cualquier acción del hombre. Es un juicio de valor sobre un efecto ambiental, es un cambio neto (bueno o malo) en la salud del hombre o en su bienestar.

**Inmisión.** Concentración de contaminantes una vez emitidos, transportados y dispersados en la atmósfera de modo temporal o permanente.

**Inversión térmica.** Se habla de inversión térmica cada vez que la temperatura aumenta con la altura. En este caso la estabilidad atmosférica es intensa y la inversión térmica inhibe los movimientos verticales. El comportamiento normal de la temperatura a medida que aumentamos en altura es disminuir, luego el proceso en que la temperatura aumente con la altura se le denomina inversión térmica.

**Microgramo ( $\mu g$ ).** Unidad de masa que corresponde a la millonésima parte de un gramo.

**Microgramos por metro cúbico ( $\mu g/m^3$ ).** Es la unidad que con mayor frecuencia se utiliza. Relaciona la masa de contaminante con el volumen de aire que lo contiene.

**Monitoreo.** Acciones de observación, muestreo, medición y análisis de datos técnicos y ambientales para definir las características del medio o entorno, identificar los impactos ambientales de las actividades del sector y su variación o cambio durante el tiempo.

**Nano gramo (ng).** Unidad de masa que corresponde la milmillonésima parte de un gramo o la milésima de un microgramo.

**Partes por millón (ppm).** Unidad de concentración que corresponde al fraccionamiento de una unidad en un millón.

**Polución del aire.** Polución del aire significa la presencia de una o más sustancias en el aire, que tienen efectos negativos en humanos, animales y plantas, y en la calidad del aire. Las sustancias que cambian la composición del aire negativamente y las sustancias en el aire que causan molestias son llamadas polución del aire. Los principales causantes de la

polución del aire son los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs) y pequeñas partículas de polvo.

**Partícula.** Término que se emplea para describir cualquier material sólido o líquido dividido finamente, que es dispersado y arrastrado por el aire y que tiene un tamaño que varía entre 0.0002 y 500  $\mu\text{m}$ . Los términos “aerosol” y “partículas” se utilizan a veces indistintamente, pues los aerosoles se definen como dispersiones de sólidos o líquidos en un medio gaseoso, que también se originan como resultado de la oxidación de contaminantes gaseosos en la atmósfera y su reacción con vapor de agua.

**Smog.** Es el nombre a la contaminación atmosférica más visible, generalmente formada por material particulado y contaminantes gaseosos como el dióxido de azufre. El término “smog”, en inglés se “fabricó” con los términos Smoke (humo) y fog (neblina) y fue acuñado cuando la concentración de contaminantes mantenía a la ciudad de Londres bajo una casi permanente neblina. Puede producir irritación en los ojos y vías respiratorias, corrosión en edificios, estatuas, monumentos.

**Calidad del aire.** La contaminación del aire es uno de los mayores problemas ambientales. Su principal fuente son las emisiones vehiculares, pero también existen casos concretos de contaminación por emisiones industriales. El incremento desmedido del parque automotor con vehículos usados y el caótico sistema de transporte público imperante son las causas fundamentales de la contaminación del aire en las ciudades. Lamentablemente, el desarrollo del transporte urbano ha ocurrido de manera desordenada y sin control, debido en gran parte a la libre importación de vehículos usados a partir de 1992, en su mayoría impulsados con diésel. Así, se generó un parque automotor obsoleto y no sometido a revisiones técnicas que ha creado una situación particularmente grave en el caso del transporte

**Contaminante.** Se entiende por contaminante aquellas sustancias o formas de energía que se encuentran en la atmósfera en cantidades tales que pueden ser dañinos para las personas, el medio ambiente y los materiales. Se pueden dividir en dos grandes grupos, los primarios y los secundarios. Los primeros son emitidos directamente por las fuentes de emisión, mientras que los segundos se originan en la atmósfera a partir de los



contaminantes primarios y de los componentes naturales de la atmosfera (García García, José A. 2008, p.03).

**Contaminantes atmosféricos.** Son sustancias de probada o muy probable acción dañina sobre la salud de los receptores (hombre, alguna especie animal, una especie vegetal en particular, etc.) cuando se encuentran permanentemente en altas concentraciones.

**Concentración.** Contaminante presente en un medio, generalmente expresada en unidades de masa como micro o nanogramos fraccionando a una unidad de masa mayor como gramos o kilos ( $\mu\text{g}/\text{k}$  o  $\text{ng}/\text{g}$ ) o a una de volumen como centímetros o metros cúbicos ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Límite Máximo Permisible.** Nivel de concentración o cantidades de uno o más contaminantes, por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas, que es fijado por la Autoridad Ambiental Competente y es legalmente exigible.

**Estándares de Calidad del Aire (ECA).** Aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana, los que deberán alcanzarse a través de mecanismos y plazos detallados en la presente norma. Como estos Estándares protegen la salud, son considerados estándares primarios, (Ley General del Ambiente N° 28611. 2005, p. 13).

**Forma del Estándar.** Descripción de la manera como se forma aquellos que consideran los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire que en su condición de cuerpo receptor es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana.

**Partículas en suspensión.** Son partículas presentes en el aire de diversa índole puede ser producido por acción natural, por actividades humanas o una combinación de ambos.

**Partículas Totales en Suspensión (PTS).** Son materiales finamente divididos, presentes (suspendidos) en el aire, sólidos o líquidos de un diámetro igual o inferior a 50 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). La fracción de PTS de tamaño superior a 10 micrones corresponde a

partículas no respirables, depositándose en la parte superior del sistema respiratorio y son limpiadas y expulsadas a través de la formación de mucus, a través de la tos o de la deglución.

**Material Particulado Respirable (MP<sub>10</sub>).** Comprende las partículas de diámetro aerodinámico (d.a) menor a 10 µm. Representa una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas. Estas partículas penetran a lo largo de todo el sistema respiratorio hasta los pulmones, produciendo irritaciones e incidiendo en diversas enfermedades

**Material Particulado Respirable (PM<sub>2.5</sub>).** Corresponde a la fracción fina del MP<sub>2.5</sub>, con un diámetro aerodinámico inferior a 2,5 µm, lo que les permite penetrar más por el sistema respiratorio llegando a los alvéolos pulmonares, (US EPA. 2009, p. 23)

**Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).** El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro, de olor acre, irritante, soluble en agua y reactivo. Las concentraciones en el aire ambiental en las ciudades de los países desarrollados han disminuido en los dos o tres últimos decenios debido a controles más estrictos de las emisiones, al mayor uso de combustibles con bajo contenido de azufre y a la reestructuración industrial. El SO<sub>2</sub> también puede alcanzar altas concentraciones en algunos ambientes interiores a través del uso de combustibles que contienen azufre, como el carbón usado para la calefacción y la cocina. Como el SO<sub>2</sub> es sumamente reactivo, su distribución a través de las vías de conducción del tracto respiratorio no es uniforme. En el caso de volúmenes bajos y moderados de ventilación pulmonar y respiración nasal, la penetración en los pulmones es insignificante. Para volúmenes mayores de ventilación pulmonar e inhalación oral, las dosis de interés se pueden extender hasta los bronquios segmentarios, (OMS, 2004, p. 24).

**Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>).** El NO<sub>2</sub> es un gas relativamente insoluble en agua. Este gas puede inhalarse en grandes cantidades y penetrar a las vías respiratorias inferiores del pulmón, lo que puede generar respuestas biológicas. Al igual que el SO<sub>2</sub> los individuos que padecen de asma son más susceptibles de desarrollar una respuesta de constricción bronquial, (OMS, 2004, p. 25).

**Monóxido de Carbono (CO).** Es un gas inodoro, incoloro y tóxico. Es letal a altas concentraciones y causa efectos sobre el sistema nervioso (pérdida de visión e incapacidad para hacer tareas complejas). La peligrosidad para el CO, se encuentra relacionada con la formación de carboxihemoglobina en la sangre, asociada ésta con una reducción del nivel de Oxígeno al interior del flujo sanguíneo, (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, 2008, p. 06).

El Monóxido de Carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, no irritante pero sumamente tóxico. Se produce naturalmente por una serie de procesos, sobre todo por la oxidación parcial del metano ( $\text{CH}_4$ ) que se forma en la descomposición de la materia orgánica por fermentación. En una atmósfera no contaminada la concentración de monóxido de carbono es muy baja y estable (0,1 ppm = partes por millón).

**Dispersión.** La contaminación atmosférica generada por el ciclo de combustibles fósiles es fundamentalmente emitida por las chimeneas de las plantas procesadoras, estos contaminantes primarios son los responsables de los impactos en la salud y son los precursores a través de reacciones químicas con el ambiente de los contaminantes secundarios.

## ANEXO II

## Mapa ubicación del distrito Elías Soplin Vargas



### ANEXO III

#### Plano de ubicación de puntos de monitoreo Segunda Jerusalén



## ANEXO IV

Monitoreo de calidad de aire de material particulado PM<sub>2.5</sub>-época de verano-Segunda Jerusalén- 2015

PUNTOS DE MONITOREO		DIAS DE MONITOREO	Hora Inicio/fin	HORAS (24)	MINUTOS	CORDENADAS UTM			W Filtro (gr)	MATERIAL COLECTADO	VStand (M <sup>3</sup> )	T°C PROM.
						X	Y	Z				
P <sub>1</sub>	A1	21/10/2015 22/10/2015	i: 8:10 am f: 8:10 am	24	1440	0247429	9337332	835	Wi: 4.35660 Wf: 4.35800	0.0014	62	25.8
	B2	22/10/2015 23/10/2015	i: 8:25 am f: 8:25 am	24	1440	0247418	9337361	841	Wi: 4.34498 Wf: 4.34600	0.00102	61	25.6
P <sub>2</sub>	A3	23/10/2015 24/10/2015	i: 9:00 am f: 9:00 am	24	1440	0281156	9331229	836	Wi: 4.38181 Wf: 4.38300	0.00119	59	26.7
	B4	24/10/2015 25/10/2015	i: 9:30 am f: 9:30 am	24	1440	0281156	9331229	845	Wi: 4.34309 Wf: 4.34400	0.00091	58	26.9
P <sub>3</sub>	A5	25/10/2015 26/10/2015	i: 10:00 am f: 10:00 am	24	1440	0248097	9337938	831	Wi: 4.45479 Wf: 4.45590	0.00111	66	26.2
	B6	26/10/2015 27/10/2015	i: 10:35 am f: 10:35 am	24	1440	0248099	9337949	836	Wi: 4.27849 Wf: 4.27930	0.00081	69	26.3
<b>SEGUNDA REPETICIÓN</b>												
P <sub>1</sub>	A1	27/10/2015 28/10/2015	i: 11:30 am f: 11:30 am	24	1440	0247429	9337332	835	Wi: 4.35650 Wf: 4.35791	0.00141	65	25.2
	B2	28/10/2015 29/10/2015	i: 11:55 am f: 11:55 am	24	1440	0247418	9337361	841	Wi: 4.34482 Wf: 4.34582	0.001	59	26.0
P <sub>2</sub>	A3	29/10/2015 30/10/2015	i: 12:30 m f: 12:30 m	24	1440	0281156	9331229	836	Wi: 4.38170 Wf: 4.38295	0.00125	54	25.4
	B4	30/10/2015 31/10/2015	i: 12: 55 m f: 12:55 m	24	1440	0281156	9331229	845	Wi: 4.34298 Wf: 4.34390	0.00092	58	25.6
P <sub>3</sub>	A5	31/10/2015 01/10/2015	i: 1:35 pm f: 1:35 pm	24	1440	0248097	9337938	831	Wi: 4.45469 Wf: 4.45600	0.00131	67	26.1
	B6	01/10/2015 02/10/2015	i: 2:00 pm f: 2:00 pm	24	1440	0248099	9337949	836	Wi: 4.27838 Wf: 4.27930	0.0009	63	25.7

**MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE MATERIAL PARTICULADO PM2.5-ÉPOCA DE INVIERNO-SEGUNDA JERUSALEN-2016**

PUNTOS DE MONITOREO		DIAS DE MONITOREO	Hora Inicio/fin	HORAS (24)	MINUTOS	CORDENADAS UTM			W Filtro (gr)	MATERIAL COLECTADO	VStand (M <sup>3</sup> )	T°C PROM.
						X	Y	Z				
P <sub>1</sub>	A1	16/05/2016 17/05/2016	i: 8:40 am f: 8:40 am	24	1440	0247429	9337332	835	Wi: 4.22357 Wf: 4.22447	0.0009	54	23.5
	B2	17/05/2016 18/05/2016	i: 9:15 am f: 9:15 am	24	1440	0247418	9337361	841	Wi: 4.35811 Wf: 4.35880	0.00069	57	25.4
P <sub>2</sub>	A3	18/05/2016 19/05/2016	i: 9:40 am f: 9:40 am	24	1440	0281156	9331229	836	Wi: 4.39710 Wf: 4.39821	0.00111	62	25.7
	B4	19/05/2016 20/05/2016	i: 10:10 am f: 10:10 am	24	1440	0281156	9331229	845	Wi: 4.31240 Wf: 4.31315	0.00075	58	23.9
P <sub>3</sub>	A5	20/05/2016 21/05/2016	i: 10:45 am f: 10:45 am	24	1440	0248097	9337938	831	Wi: 4.28231 Wf: 4.28312	0.00081	66	25.0
	B6	21/05/2016 22/05/2016	i: 11:30 am f: 11:30 am	24	1440	0248099	9337949	836	Wi: 4.34740 Wf: 4.34810	0.0007	69	23.6
<b>SEGUNDA REPETICIÓN</b>												
P <sub>1</sub>	A1	22/05/2016 23/05/2016	i: 12:30 am f: 12:30 am	24	1440	0247429	9337332	835	Wi: 4.22347 Wf: 4.22430	0.0083	56	23.5
	B2	23/05/2016 24/05/2016	i: 1:00 am f: 1:00 am	24	1440	0247418	9337361	841	Wi: 4.35817 Wf: 4.35870	0.0083	57	23.7
P <sub>2</sub>	A3	24/05/2016 25/05/2016	i: 1:25 am f: 1:25 am	24	1440	0281156	9331229	836	Wi: 4.39710 Wf: 4.39820	0.0011	61	23.8
	B4	25/05/2016 26/05/2016	i: 1: 50 am f: 1:50 am	24	1440	0281156	9331229	845	Wi: 4.31240 Wf: 4.31316	0.00076	65	24.1
P <sub>3</sub>	A5	26/05/2016 27/05/2016	i: 2:15 am f: 2:15 am	24	1440	0248097	9337938	831	Wi: 4.31316 Wf: 4.31316	0.0009	65	24.8
	B6	27/05/2016 28/05/2016	i: 3:10 am f: 3:10 am	24	1440	0248099	9337949	836	Wi: 4.34740 Wf: 4.34801	0.00061	63	25.2



**ANEXO V**  
**Vistas fotográficas**



*Fotografía 1.* Vista panorámica de Segunda Jerusalén.



*Fotografía 2.* Población de Segunda Jerusalén.





*Fotografía 3.* Colocando el filtro en equipo para coleccionar material particulado  $PM_{2.5}$ .



*Fotografía 4.* Filtro colocado en el equipo.



*Fotografía 5.* Preparando muestras para medición de gases equipo tren de muestreo



*Fotografía 6.* Instalando reactivos para medición de gases equipo tren de muestreo





*Fotografía 7.* Calibrando el Rotámetro del equipo Alto Volumen



*Fotografía 8.* Realizando ajustes de recolectores de gases-equipos tren de muestreo



**Fotografía 9.** Equipo ubicado a 8 mt en azotea de vivienda.



**Fotografía 10.** Equipo en operación, determinando material particulado  $PM_{2.5}$  y gases

## ANEXO VI

## Guía del proceso de análisis de varianza (ANOVA), en software estadístico IBM SPSS. Versión 25

### PROCEDIMIENTO

#### 1. Paso

- Ubicarse en la base de datos SPSS. Versión 25.

BASE DE TRABAJO.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

4: Visible: 5 de 5 variables

	ESTACION	ALTURA	INDICADOR	REPETICIONES	CANTIDAD	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1	1,0	1	1	22,58									
2	1	1,0	1	2	20,17									
3	1	1,0	1	3	16,82									
4	1	1,0	1	4	21,69									
5	1	1,0	1	5	23,15									
6	1	1,0	1	6	19,55									
7	1	1,0	2	1	1,20									
8	1	1,0	2	2	1,20									
9	1	1,0	2	3	1,20									
10	1	1,0	2	4	1,20									
11	1	1,0	2	5	1,20									
12	1	1,0	2	6	1,20									
13	1	1,0	3	1	1,20									
14	1	1,0	3	2	1,20									
15	1	1,0	3	3	1,20									
16	1	1,0	3	4	1,20									
17	1	1,0	3	5	1,20									
18	1	1,0	3	6	1,20									
19	1	1,0	4	1	81,00									
20	1	1,0	4	2	70,00									
21	1	1,0	4	3	48,00									
22	1	1,0	4	4	85,00									
23	1	1,0	4	5	64,00									
24	1	1,0	4	6	43,00									
25	1	2,0	1	1	16,72									

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

12:42 p. m. 18/07/2018

#### 2. Paso

- Opción analizar
- Modelo Lineal
- Inivariado

BASE DE TRABAJO.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar **Analizar** Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

4: Visible: 5 de 5 variables

	ESTACION	ALTURA	CANTIDAD	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1	1,0	22,58											
2	1	1,0	20,17											
3	1	1,0	16,82											
4	1	1,0	21,69											
5	1	1,0	23,15											
6	1	1,0	19,55											
7	1	1,0	1,20											
8	1	1,0	1,20											
9	1	1,0	1,20											
10	1	1,0	1,20											
11	1	1,0	1,20											
12	1	1,0	1,20											
13	1	1,0	1,20											
14	1	1,0	1,20											
15	1	1,0	1,20											
16	1	1,0	1,20											
17	1	1,0	1,20											
18	1	1,0	1,20											
19	1	1,0	81,00											
20	1	1,0	70,00											
21	1	1,0	48,00											
22	1	1,0	85,00											
23	1	1,0	64,00											
24	1	1,0	43,00											
25	1	2,0	16,72											

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

12:47 p. m. 18/07/2018



### 3. Paso

- Traslado de variables

BASE DE TRABAJO.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

4: [Visible: 5 de 5 variables]

	ESTACION	ALTURA	INDICADOR	REPETICIONES	CANTIDAD
1	1	1,0	1	1	22,58
2	1	1,0	1	2	20,17
3	1	1,0	1	3	16,82
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22	1	1,0	4	4	85,00
23	1	1,0	4	5	64,00
24	1	1,0	4	6	43,00
25	1	2,0	1	1	16,72

Univariados

Variable dependiente: CANTIDAD

Factores fijos: ESTACION, INDICADOR

Factores aleatorios:

Covariables:

Ponderación MCP:

Modelo...  
Contrastes...  
Gráficos...  
Post hoc...  
Medias marginales estimadas...  
Guardar...  
Opciones...  
Simular muestreo...

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

12:58 p.m. 18/07/2018

### 4. Paso

- Selección de opciones para el análisis de varianza

BASE DE TRABAJO.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

4: [Visible: 5 de 5 variables]

	ESTACION	ALTURA	INDICADOR	REPETICIONES	CANTIDAD
1	1	1,0	1	1	22,58
2	1	1,0	1	2	20,17
3	1	1,0	1	3	16,82
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22	1	1,0	4	4	85,00
23	1	1,0	4	5	64,00
24	1	1,0	4	6	43,00
25	1	2,0	1	1	16,72

Univariados: Opciones

Visualización

- Estadísticos descriptivos
- Estimaciones del tamaño del efecto
- Potencia observada
- Estimaciones de los parámetros
- Matriz de coeficientes del contraste
- Pruebas de homogeneidad
- Gráfico de dispersión versus gráfico de niveles
- Gráfico de residuos
- Falta de ajuste
- Función estimable general

Pruebas de heterocedasticidad

- Test de Breusch-Pagan modificado
- Test de Breusch-Pagan
- Prueba F
- Prueba de White

Estimaciones de parámetro con errores estándar robustos

- HC0
- HC1
- HC2
- HC3
- HC4

Nivel de significación: 0,05 Los intervalos de confianza son 95,0%

Modelo...  
Modelo...  
Modelo...

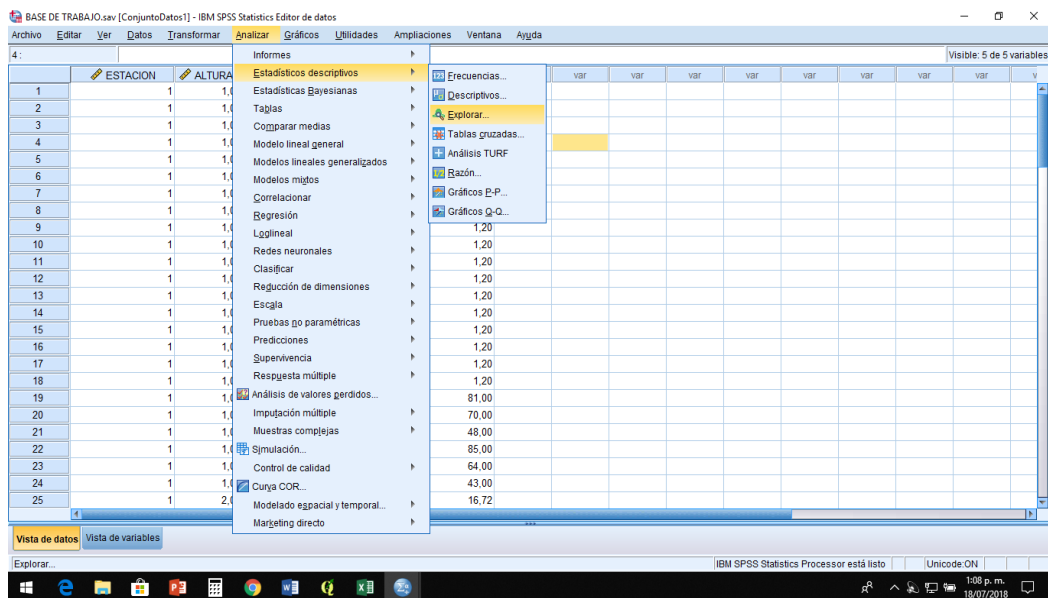
IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

1:00 p.m. 18/07/2018

## 5. Paso

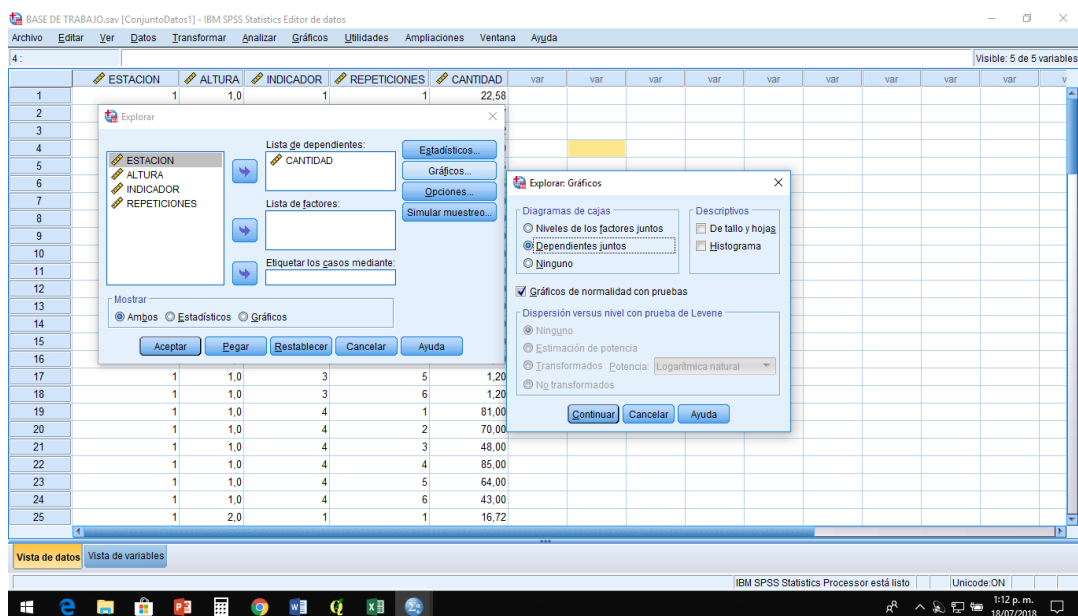
### Supuestos del modelo

- Análisis
- Estadísticos descriptivos
- Explorar



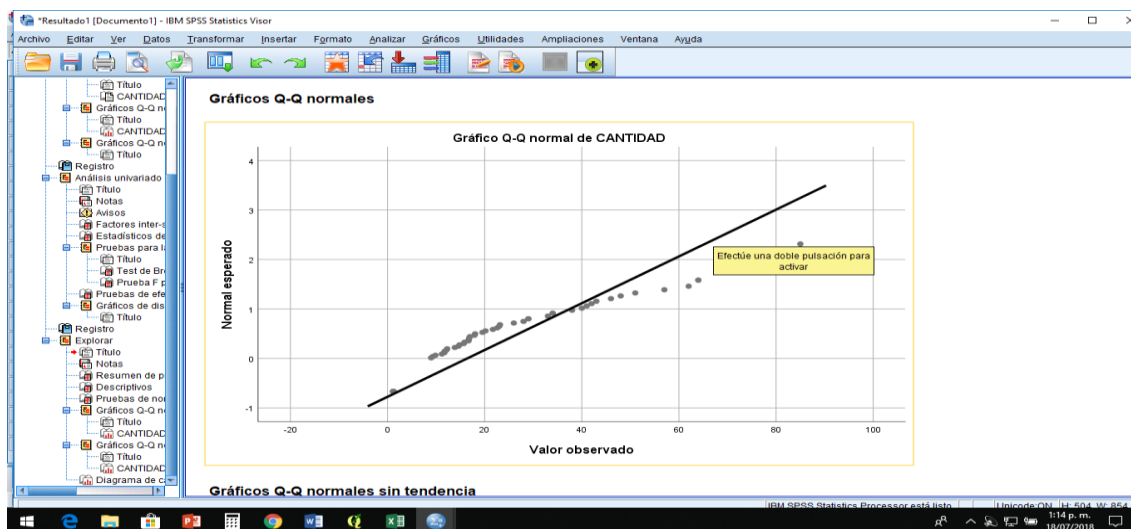
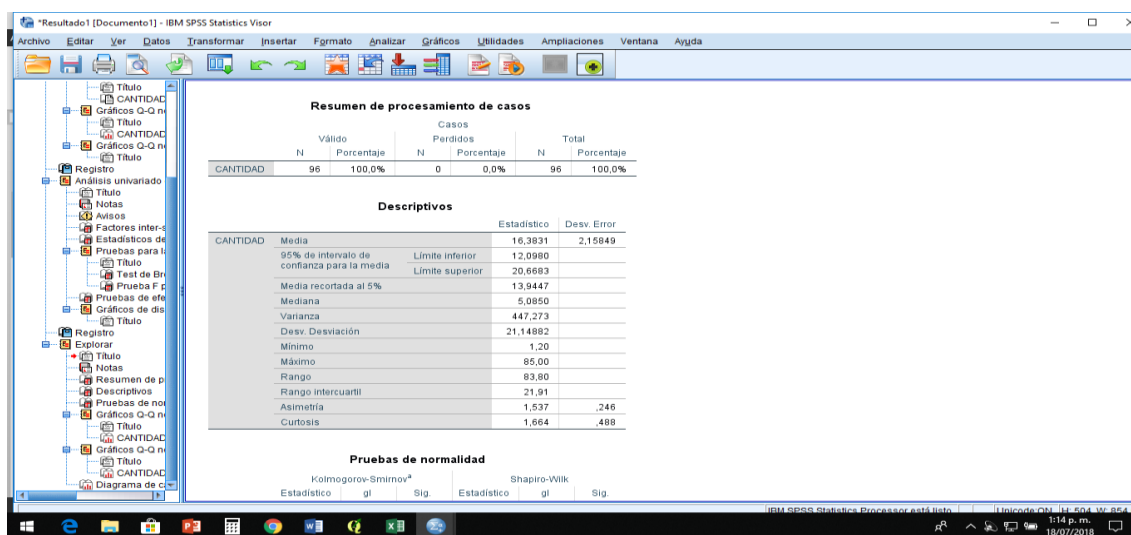
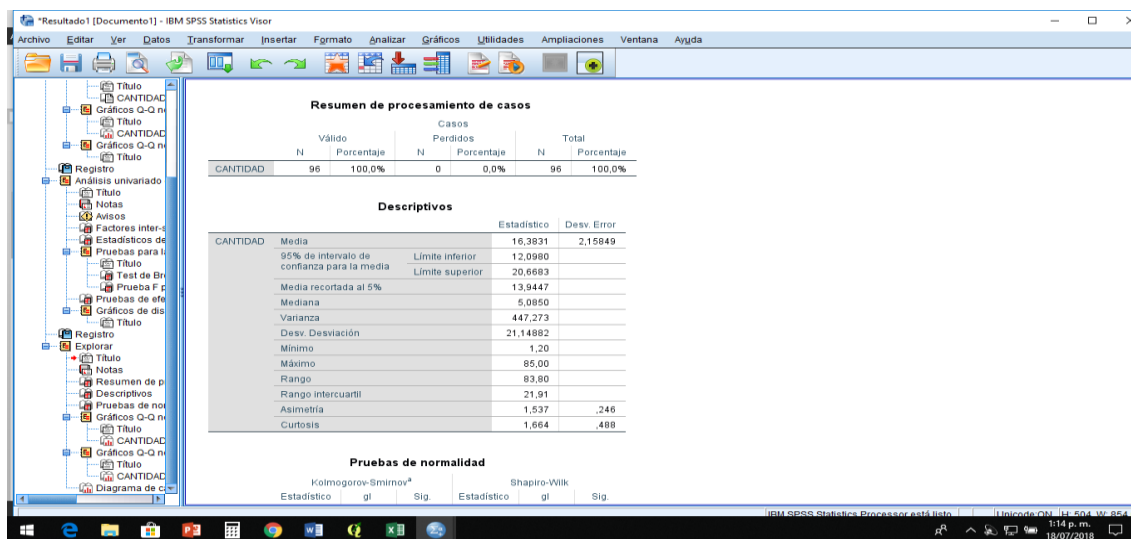
## 6. Paso

- Traslado de variables
- Solo variables cuantitativas
- Gráficos
- Gráficos de normalidad con pruebas



### 7. Paso

- Resultados del proceso de análisis





## ANEXO VII

## Resultados de análisis de laboratorio


**EMPRESA DE SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERIA Y  
TECNOLOGIA AMBIENTAL**

JR. JUNIN N° 847 – MOYOBAMBA

RUC N° 20531584474

Telf. 042-561769 / 942 957540

AREA DE LABORATORIO AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO N°

0030-15

**Solicitante** : Santos Clemente Herrera Díaz  
**Dirección** : Jirón Prolongación 20 de Abril N° 139  
**Matriz de muestra** : Muestra de Aire.  
**Fecha de muestreo** : 21-10-2015 al 26-09-2015  
**Responsable de muestreo** : Personal de SERVITA EIRL

**Fecha de recepción** : 21-10-2015 al 26-10-2015  
**Fecha de ejecución del ensayo** : 21-10-2015 al 26-10-2015

**MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA LOCALIDAD DE SEGUNDA JERUSALEN-RIOJA. ÉPOCA DE VERANO-2015****PRIMERA REPETICIÓN**

PROPIETARIO VIVIENDA	CALLE	FECHA	PUNTOS	MP <sub>2.5</sub>				GASES(ug/m <sup>3</sup> )		
				Wi	wf	PM-2.5 (ug/m <sup>3</sup> )	VST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
1. Carlos Reyna Díaz	Jr. Jerusalén S/N.	21/10/2015	PUNTO1	4.35800	4.35660	22.58	62	1.2	1.2	81
		22/10/2015	PUNTO2	4.34600	4.34498	16.72	61	1.2	1.2	46
2. Municipalidad distrital	Jr. Galilea S/N.	23/10/2015	PUNTO3	4.38300	4.38181	20.17	59	1.2	1.2	70
		24/10/2015	PUNTO4	4.34400	4.34309	15.69	58	1.2	1.2	34
3. Nerio Chetilan Gálvez	Jr. Galilea S/N.	25/10/2015	PUNTO5	4.45590	4.45479	16.82	66	1.2	1.2	48
		26/10/2015	PUNTO6	4.27930	4.27849	11.74	69	1.2	1.2	29

SERVITA EIRL  
  
 Ing. Alfonso Rojas Bardález  
 TITULAR GERENTE

Moyobamba, 10 de Noviembre de 2015



**EMPRESA DE SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERIA Y  
TECNOLOGIA AMBIENTAL**

JR. JUNIN N° 847 – MOYOBAMBA

RUC N° 20531584474

Telf. 042-561769 / 942 957540 / RPM: \*238605

**AREA DE LABORATORIO AMBIENTAL**

**INFORME DE ENSAYO N°**

**0031-15**

**Solicitante** : Santos Clemente Herrera Díaz  
**Dirección** : Jirón Prolongación 20 de Abril N° 139  
**Matriz de muestra** : Muestra de Aire.  
**Fecha de muestreo** : 27-10-2015 al 01-11-2015  
**Responsable de muestreo** : Personal de SERVITA EIRL

**Fecha de recepción** : 27-10-2015 al 01-11-2015  
**Fecha de ejecución del ensayo** : 27-10-2015 al 01-11-2015

**MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA LOCALIDAD DE SEGUNDA JERUSALEN-RIOJA. ÉPOCA DE VERANO-2015**

**SEGUNDA REPETICIÓN**

PROPIETARIO VIVIENDA	CALLE	FECHA	PUNTOS	MP <sub>2.5</sub>				GASES(ug/m <sup>3</sup> )		
				Wi	wf	PM-2.5 (ug/m <sup>3</sup> )	VST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
1. Carlos Reyna Díaz	Jr. Jerusalén S/N.	27/10/2015	PUNTO1	4.35791	4.3565	21.69	65	1.2	1.2	85
		28/10/2015	PUNTO2	4.34582	4.34482	16.95	59	1.2	1.2	41
2. Municipalidad distrital	Jr. Galilea S/N.	29/10/2015	PUNTO3	4.38295	4.3817	23.15	54	1.2	1.2	64
		30/10/2015	PUNTO4	4.34390	4.34298	15.86	58	1.2	1.2	40
3. Nerio Chetilan Gálvez	Jr. Galilea S/N.	31/10/2015	PUNTO5	4.45600	4.45469	19.55	67	1.2	1.2	43
		01/11/2015	PUNTO6	4.27930	4.27838	14.60	63	1.2	1.2	26

SERVITA E.I.R.L.

*Ing. Alfonso Rojas Bardález*  
TITULAR GERENTE

Moyobamba, 10 de Noviembre de 2015





**EMPRESA DE SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERIA Y  
TECNOLOGIA AMBIENTAL**  
JR. JUNIN N° 847 – MOYOBAMBA  
RUC N° 20531584474  
Telf. 042-561769 / 942 957540 / RPM: \*238605  
**AREA DE LABORATORIO AMBIENTAL**

**INFORME DE ENSAYO N°**


**0012-16**

**Solicitante** : Santos Clemente Herrera Díaz  
**Dirección** : Jirón Prolongación 20 de Abril N° 139  
**Matriz de muestra** : Muestra de Aire.  
**Fecha de muestreo** : 16-05-2016 al 21-05-2016  
**Responsable de muestreo** : Personal de SERVITA EIRL

**Fecha de recepción** : 16-05-2016 al 21-05-2016  
**Fecha de ejecución del ensayo** : 16-05-2016 al 21-05-2016

**MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA LOCALIDAD DE SEGUNDA JERUSALEN-RIOJA. ÉPOCA DE INVIERNO-2016**

PRIMERA REPETICIÓN										
PROPIETARIO VIVIENDA	CALLE	FECHA	PUNTOS	MP <sub>2.5</sub>				GASES(ug/m <sup>3</sup> )		
				Wi	wf	PM-2.5 (ug/m <sup>3</sup> )	VST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
1. Carlos Reyna Díaz	Jr. Jerusalén S/N.	16/05/2016	PUNTO1	4.22447	4.22357	16.67	54	1.2	1.2	75
		17/05/2016	PUNTO2	4.35880	4.35811	12.11	57	1.2	1.2	38
2. Municipalidad distrital	Jr. Galilea S/N.	18/05/2016	PUNTO3	4.39821	4.39710	17.9	62	1.2	1.2	64
		19/05/2016	PUNTO4	4.31315	4.31240	11.19	67	1.2	1.2	29
3. Nerio Chetilan Gálvez	Jr. Galilea S/N.	20/05/2016	PUNTO5	4.28312	4.28231	12.27	66	1.2	1.2	57
		21/05/2016	PUNTO6	4.34810	4.34740	9.86	71	1.2	1.2	28

SERVITA E.I.R.L.  
  
Ing. Alfonso Rojas Bardález  
TITULAR GERENTE

Moyobamba, 06 de Junio de 2016



**EMPRESA DE SERVICIOS INTEGRALES DE INGENIERIA Y  
TECNOLOGIA AMBIENTAL**  
JR. JUNIN N° 847 – MOYOBAMBA  
RUC N° 20531584474  
Telf. 042-561769 / 942 957540 / RPM: \*238605  
**AREA DE LABORATORIO AMBIENTAL**

**INFORME DE ENSAYO N°**

**0013-16**

**Solicitante** : Santos Clemente Herrera Díaz  
**Dirección** : Jirón Prolongación 20 de Abril N° 139  
**Matriz de muestra** : Muestra de Aire.  
**Fecha de muestreo** : 22-05-2016 al 27-05-2016  
**Responsable de muestreo** : Personal de SERVITA EIRL

**Fecha de recepción** : 22-05-2016 al 27-05-2016  
**Fecha de ejecución del ensayo** : 22-05-2016 al 27-05-2016

**MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA LOCALIDAD DE SEGUNDA JERUSALEN-RIOJA. ÉPOCA DE INVIERNO-2016**

**SEGUNDA REPETICIÓN**

PROPIETARIO VIVIENDA	CALLE	FECHA	PUNTOS	MP <sub>2.5</sub>				GASES(ug/m <sup>3</sup> )		
				Wi	wf	PM-2.5 (ug/m <sup>3</sup> )	VST	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
1. Carlos Reyna Díaz	Jr. Jerusalén S/N.	22/05/2016	PUNTO1	4.22430	4.22347	14.82	56	1.2	1.2	62
		23/05/2016	PUNTO2	4.35870	4.35817	9.3	57	1.2	1.2	33
2. Municipalidad distrital	Jr. Galilea S/N.	24/05/2016	PUNTO3	4.39820	4.39710	18.03	61	1.2	1.2	51
		25/05/2016	PUNTO4	4.31316	4.31240	11.69	65	1.2	1.2	42
3. Nerio Chetilan Gálvez	Jr. Galilea S/N.	26/05/2016	PUNTO5	4.28315	4.28225	13.84	65	1.2	1.2	34
		27/05/2016	PUNTO6	4.34801	4.34740	8.97	68	1.2	1.2	23

SERVITA EIRL  
*Ing. Alfonso Rojas Bardález*  
TITULAR GERENTE

Moyobamba, 06 de Junio de 2016