

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

**TESIS:**

**VARIACIÓN EN EL TIEMPO DE LA CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA  
DE CO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA CHOTA-  
COCHABAMBA (CAJAMARCA)**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

**M.Cs. IRMA AGUSTINA MOSTACERO CASTILLO**

Asesor:

**Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO**

**Cajamarca - Perú**

**2019**

COPYRIGHT © 2019 by  
**IRMA AGUSTINA MOSTACERO CASTILLO**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

**TESIS APROBADA:**

**VARIACIÓN EN EL TIEMPO DE LA CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA  
DE CO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA CHOTA-  
COCHABAMBA (CAJAMARCA)**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

**M.Cs. IRMA AGUSTINA MOSTACERO CASTILLO**

**JURADO EVALUADOR**

Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo  
Asesor

Dr. Marco Antonio Rivera Jacinto  
Jurado Evaluador

Dra. Claudia Carolina Rodríguez Ulloa  
Jurado Evaluador

Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique  
Jurado Evaluador

Cajamarca - Perú

2019



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

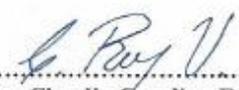
Siendo las *9:40*...horas del día 26 de marzo del año dos mil diecinueve, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. MARCO ANTONIO RIVERA JACINTO** y **Dra. CLAUDIA CAROLINA RODRÍGUEZ ULLOA**, **Dr. ALEJANDRO CLAUDIO LAGOS MANRIQUE**; y en calidad de Asesor, el **Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO**; Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **VARIACIÓN EN EL TIEMPO DE LA CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE CO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA CHOTA-COCHABAMBA(CAJAMARCA)**; presentada por la M.Cs. **IRMA AGUSTINA MOSTACERO CASTILLO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó .....**APROBAR**..... con la calificación de ....**DIÉCISEIS (16)**..... la mencionada Tesis; en tal virtud, la M.Cs. **IRMA AGUSTINA MOSTACERO CASTILLO**, está apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención: **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**.

Siendo las *10:40* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo**  
Asesor

  
.....  
**Dr. Marco Antonio Rivera Jacinto**  
Presidente-Jurado Evaluador

  
.....  
**Dra. Claudia Carolina Rodríguez Ulloa**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**Dr. Alejandro Claudio Lagos Manrique**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mis padres **Antero y Juanita** que desde el cielo me dan fuerzas para cumplir mis aspiraciones.

### **A las personas más importantes de mi vida:**

Mi esposo Hugo, quién siempre me apoyó y no permitió que desmayara en ningún momento de mi vida, brindándome siempre su amor, respeto y comprensión; a mis hijos Yajaira, Paola y Huguito quienes son el motor y motivo de mi vida y que siempre con sus consejos y cariño, cristalizan mis sueños y a mi sobrina Anita, que, con su apoyo y paciencia, permite todo lo soñado.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su bendición inconmensurable.

A mi asesor Doctor Nilton Deza Arroyo, por su apoyo constante e incondicional en el desarrollo del trabajo de investigación.

A los docentes de la Escuela de Posgrado que me brindaron sus conocimientos y experiencias durante los estudios de Doctorado.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, que a través de la Escuela de Posgrado me permite obtener el grado de Doctor en Ciencias.

Nuestro vínculo común más básico es que todos vivimos en este planeta. Todos respiramos el mismo aire. A todos nos preocupa el futuro de nuestros hijos. Y todos somos mortales.

John F. Kennedy

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
CONTENIDO.....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
LISTA DE TABLAS .....	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xx
RESUMEN .....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo principal.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3 Antecedentes Regionales.....	14

2.2 BASES TEÓRICAS.....	14
2.2.1. Contaminación atmosférica. ....	14
2.2.2. Contaminantes atmosféricos gaseosos.....	15
2.2.2.1 Monóxido de Carbono. (CO).....	15
2.2.1.2. Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	18
2.2.1.3 Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	20
2.2.2.3. Estándares de calidad ambiental (ECA). ....	21
2.2.3 Calidad de aire .....	23
2.2.3.1 Control de la calidad del aire .....	23
2.2.3.2 Sustentabilidad ambiental.....	25
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	26
2.3.1 Contaminación.....	26
2.3.2 Contaminante.....	26
2.3.3 Contaminantes gaseosos .....	27
2.3.4 Monóxido de Carbono .....	27
2.3.5 Dióxido de Nitrógeno .....	28
2.3.6 Índice de calidad ambiental .....	28
2.3.7 Monitoreo de aire.....	29
2.3.8 Índice de Calidad del Aire (INCA).....	29
2.4. MARCO NORMATIVO DE CALIDAD AMBIENTAL.....	30
2.4.1. Normas relacionadas con la gestión de la calidad del Aire. ....	30
2.4.1.1 Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos (DIGESA, 2005).....	36
2.4.1.1.1 Diseño del monitoreo.....	36
2.4.1.1.2 Escalas del monitoreo .....	36

2.4.1.1.3 Selección de parámetros a monitorear .....	38
2.4.1.1.4 Frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo .....	40
2.4.1.1.5 Criterios para la selección de métodos .....	41
2.4.1.1.6 Parámetros técnicos:.....	41
2.4.1.1.7 Otros parámetros: .....	42
2.4.2. Descripción de los diferentes métodos .....	43
2.4.2.1. Muestreadores pasivos .....	43
2.4.2.2. Muestreadores activos .....	43
2.4.2.3 Analizadores automáticos .....	44
2.4.2.4 Sensores remotos.....	44
2.4.2.5 Ventajas y desventajas de las metodologías .....	44
2.4.3 Factores para la operación .....	46
2.4.3.1 Precisión y confiabilidad .....	46
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>48</b>
3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS. ....	48
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO. ....	48
3.1.1 Ubicación.....	49
3.1.2 Ubicación Hidrológica.....	50
3.1.3 Ubicación topográfica .....	51
3.2. DISEÑO METODOLÓGICO .....	52
3.2.1 Tipo de Investigación .....	52
3.2.2. Población .....	52
3.2.3. Muestra .....	52
3.2.4. Descripción del diseño.....	54
3.2.4.1 Metodología de campo .....	54

3.2.4.2 Metodología de gabinete .....	54
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	54
3.3.1 Análisis de información secundaria: .....	55
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	55
3.4.1 Materiales .....	55
3.4.1.1 Campo.....	55
3.4.1.2 Materiales de gabinete .....	55
3.5 EQUIPO .....	56
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	57
4.1.1 Resultados según el gas monitoreado .....	61
4.1.1.1 Monóxido de Carbono (CO).....	61
4.1.1.2 Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	64
4.1.1.3 Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	67
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....	70
PROPUESTA DEL PROYECTO .....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXOS/APÉNDICES .....	84
ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN .....	85
Certificado de calibración para el Monóxido de Carbono.....	85
Certificado de calibración para el Dióxido de Nitrógeno.....	88
Certificado de calibración para el Dióxido de Azufre .....	91
ANEXO 2. ALGUNOS EJEMPLOS DE LOS REGISTROS METEOROLÓGICOS DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ (SENAMHI) .....	94

APÉNDICE 1. RESULTADO DEL MONITOREO DE LOS GASES CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> REALIZADO EN LAS CINCO ESTACIONES MONITOREADAS EN LOS AÑOS 2012-2013.....	97
Fotos .....	123

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Concentración promedio diario SO <sub>2</sub> en ciudades, 2013-2014.....	12
2. Valores diarios máximos y mínimos de SO <sub>2</sub> en ciudades, 2013-2014 (ug/m <sup>3</sup> ) ..	13
3. Concentración máxima horaria NO <sub>2</sub> en ciudades, 2013-2014.....	14
4. Ubicación política del área del estudio. La ubicación geográfica está delimitada espacialmente por las siguientes coordenadas UTM, en el sistema WGS – 84. .	49
5. Ubicación hidrológica del área de estudio.....	50
6. Ubicación Topográfica del Área de Estudio.....	51
7. Ubicación Geográfica de los 5 Puntos de Monitoreo .....	53
8. Valores de la Concentración de Monóxido de Carbono en los Cinco Meses de Monitoreo .....	61
9. Valores de la Concentración de Dióxido de Nitrógeno en los Cinco Puntos de Monitoreo .....	64
10. Valores de la Concentración de Dióxido de Azufre en los Cinco Meses de Monitoreo .....	67
11. Gráfico de la Propuesta para Minimizar la Concentración de los Gases Estudiados.....	73
12. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en abril 2012.....	97
13. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2012 .....	98
14. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en diciembre 2012 .....	99

15. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2012 .....	100
16. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012 .....	101
17. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012 .....	102
18. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2012. ....	103
19. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012. ....	104
20. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012. ....	105
21. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013 .....	106
22. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en abril 2013.....	107
23. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en abril 2013.....	108
24. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013 .....	109
25. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013 .....	110
26. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013 .....	111

27. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en octubre 2013 .....	112
28. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en octubre 2013 .....	113
29. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2013 .....	114
30. Gráfico de los resultados de las concentraciones de Monóxido de Carbono en diciembre 2013 .....	115
31. Gráfico de los resultados de las concentraciones de Monóxido de Carbono en diciembre 2013 .....	116
32. Gráfico de los resultados de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2013 .....	117
33. Promedio del monitoreo de los gases CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> en el mes de abril 2012 en los cinco puntos de monitoreo .....	118
34. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> en el Mes de diciembre 2012 en los Cinco Puntos de Monitoreo.....	119
35. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> en el Mes de abril 2013 en los Cinco Puntos de Monitoreo .....	120
36. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> en el Mes de octubre 2013 en los Cinco Puntos de Monitoreo.....	121
37. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> en el Mes de diciembre 2013 en los Cinco Puntos de Monitoreo.....	122

## TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Estándares Nacionales de Calidad del Aire .....	22
2. Niveles de Estado de Alerta para Contaminantes Críticos .....	33
3. Definición de Escalas para la Realización de Monitoreos Ambientales .....	37
4. Relación entre Objetivos de Monitoreo y Escalas Espaciales de Representatividad .....	38
5. Grupo de Gases y los Parámetros Considerados para Monitoreo .....	39
6. Contaminantes a Monitorear en Función a las Principales Fuentes .....	40
7. Ventajas y Desventajas de las Diferentes Técnicas de Monitoreo de la Calidad del Aire .....	45
8. Coordenadas de la Ubicación Geográfica del Área de Estudio.....	49
9. Ubicación Geográfica de los Puntos de Monitoreo .....	52
10. Puntos de Monitoreo y Distancia en Relación a la Ciudad de Chota .....	53
11. Concentración Promedio de Gases Monitoreados en cada uno de los Puntos de Muestreo del Rio Chotano – Provincia de Chota – Cajamarca .....	59
12. Concentración Promedio del Monóxido de Carbono en los Cinco Puntos de Monitoreo en los Meses Monitoreados .....	61
13. Concentración Promedio del Dióxido de Nitrógeno en los Cinco Puntos de Monitoreo en los Meses Monitoreados .....	64
14. Concentración Promedio del Dióxido de Azufre en los Cinco Puntos de Monitoreo en los Meses Monitoreados .....	67
15. Información Meteorológica del Mes de mayo 2012 en los Días Monitoreados..	94
16. Información Meteorológica del Mes de diciembre 2012 en los Días Monitoreados .....	95

17. Información Meteorológica del Mes de abril 2013 en los Días Monitoreados ...	95
18. Información Meteorológica del Mes de octubre 2013 en los Días Monitoreados .....	95
19. Información Meteorológica del Mes de diciembre 2013 en los Días Monitoreados .....	96
20. Concentración de Dióxido de Nitrógeno en Chancadora Ajipampa en abril 2012 .....	97
21. Concentración de Dióxido de Azufre en Chancadora Ajipampa en abril 2012 ..	98
22. Concentración de Monóxido de Carbono en la Chancadora Doñana diciembre 2012 .....	99
23. Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Doñana diciembre 2012 .....	100
24. Concentración de Dióxido de Azufre en Chancadora Doñana diciembre 2012	101
25. Concentración de Dióxido de Azufre en la Plaza de Armas de Lajas diciembre 2012 .....	102
26. Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Ajipampa diciembre 2012 .....	103
27. Concentración de Dióxido de Azufre en la Chancadora Ajipampa diciembre 2012 .....	104
28. Concentración de Dióxido de Azufre en la Cantera el Molino diciembre 2012 .....	105
29. Concentración de Dióxido de Azufre en la Chancadora Doñana abril 2013.....	106
30. Concentración de Monóxido de Carbono en la Chancadora Ajipampa en abril 2013 .....	107

31. Concentraciones de Monóxido de Carbono en la Cantera el Molino abril 2013 .....	108
32. Concentración de Dióxido de Azufre en Chancadora Ajipampa en abril 2013	109
33. Concentraciones de Dióxido de Azufre en la Cantera el Molino abril 2013.....	110
34. Concentraciones de Dióxido de Azufre en la Plaza de Armas de Cochabamba abril 2013.....	111
35. Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Doñana octubre 2013 .....	112
36. Concentraciones de Monóxido de Carbono en la Plaza de Armas de Cochabamba octubre 2013 .....	113
37. Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Doñana diciembre 2013 .....	114
38. Concentración de Monóxido de Carbono en Plaza de Armas de Lajas en diciembre 2013 .....	115
39. Concentración de Monóxido de Carbono en la Chancadora Ajipampa en diciembre 2013 .....	116
40. Concentración de Dióxido de Nitrógeno en Chancadora Ajipampa en diciembre 2013 .....	117
41. Promedio de los Gases Monitoreados en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de abril 2012 .....	118
42. Promedio de los Gases en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de diciembre 2012 .....	119
43. Promedio de los Gases Monitoreados en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de abril 2013 .....	120

44. Promedio de los Gases en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de octubre 2013 .....	121
45. <i>Promedio de los Gases en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de diciembre 2013.....</i>	<i>122</i>

## LISTA DE ABREVIATURAS

BC	Carbono negro
CO	Monóxido de carbono
DIGESA.	Dirección General de Salud Ambiental
ECA.	Estándar de Calidad Ambiental.
EPA	Agencia de Protección del Medioambiente de los Estados Unidos
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INCA	Índice de Calidad del aire
LMP.	Límite Máximo Permisible
MINAM.	Ministerio del Ambiente.
MP	Material Particulado
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OMS.	Organización Mundial de Salud.
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SNGA	Sistema Nacional de Gestión Ambiental
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
ZAP	Zona de Atención Prioritaria

## RESUMEN

La presente tesis fue desarrollada en los periodos comprendidos entre abril-diciembre de 2012 y abril-octubre-diciembre de 2013 en cinco puntos de monitoreo: Chancadora Doñana (CD-1), Plaza de Armas de Lajas (PL-2), Chancadora Ajipampa (CA-3), Cantera El Molino (CM-4) y Plaza de Armas de Cochabamba (PC-5). En el presente trabajo de investigación se determinó la concentración de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la construcción de la carretera Chota-Cochabamba en Cajamarca. Se determinó la concentración de estos gases utilizando el equipo AEROQUAL S200 con un flujo de 0.1 CEM, confiable y certificado. El monitoreo de estos gases se realizó durante doce horas diarias, generados por el uso de motores Diésel, movimiento de maquinaria pesada, chancado y traslado de agregados. Así mismo se registró las lecturas meteorológicas determinadas por SENAMHI – Chota, para determinar la temperatura promedio, viento y precipitación. Los resultados de la concentración de los gases estudiados, fueron comparados con los estándares de Calidad Ambiental (ECA) según el MINAM con el D.S 003-2017, los cuales no superaron dichos estándares, en los cinco puntos de monitoreo; sin embargo, en la Chancadora Doñana (CD-1) y en la Chancadora Ajipampa (CA-3); estos gases no superaron los ECA. En conclusión, el trabajo de investigación confirma la concentración de estos gases en la construcción de esta carretera, porque su presencia podría generar alteraciones en el aire, ocasionando riesgos en el ecosistema y la salud humana.

**Palabras clave:** Calidad del aire, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ECA.

## **ABSTRACT**

This thesis was developed in the periods between April-December 2012 and April-October-December 2013 in five sampling points: Chancadora Doñana (CD-1), Plaza de Armas de Lajas (PL-2), Chancadora Ajipampa (CA-3), El Molino Quarry (CM-4) and Plaza de Armas de Cochabamba (PC-5). In the present research the concentration of carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) was determined in the construction of the Chota-Cochabamba road in Cajamarca region. The concentration of these gases was determined using the AEROQUAL S200 equipment with a flow of 0.1 CEM, reliable and certified by the same Company which provided the apparatus, The monitoring of these gases was carried out for twelve hours day, generated by the use of diesel engines, movement of heavy machinery, crushing and transfer of material. Likewise, the meteorological data obtained by SENAMHI - Chota were recorded to determine the average temperature, wind and precipitation. The results of the concentration of the gases studied were compared with the Environmental Quality standards (ECA) according to the MINAM with the D.S 003-2017, which did not exceed these standards, in the five monitoring points; however, in the Chancadora Doñana (CD-1) and in the Chancadora Ajipampa (CA-3); these gases did not exceed the ECA. In conclusion, this research confirms the concentration of these gases in the construction of this road, because its presence could generate alterations in the air, causing risks in the ecosystem and human health..

Key words: Air quality, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ECA.

# CAPÍTULO I

## 1.1 Introducción

A partir de la segunda guerra mundial, el uso del transporte por carretera creció rápidamente y hoy en día es el medio de transporte más utilizado a nivel mundial. Su importancia radica tanto en el volumen de pasajeros y carga que se transportan por carretera como en la dimensión económica del negocio. En América Latina y el Caribe, el transporte por carretera constituye el 80% del total del transporte de pasajeros y más del 60% del transporte de carga. Adicionalmente, se estima que el gasto en carreteras representa entre un 5% y un 10% del total de gastos de un gobierno y puede alcanzar hasta el 20% del presupuesto nacional. En términos del valor de sus activos, las carreteras están por encima de otras formas de transporte como los ferrocarriles y las aerolíneas (Ecu-Red, 2013)

Uno de los aspectos más importantes de las políticas de desarrollo de un país es proveer de manera eficiente los servicios de infraestructura. Para muchos economistas, la ausencia de una infraestructura adecuada, así como la provisión ineficiente de servicios de infraestructura constituye un obstáculo de primer orden para la implementación eficaz de políticas de desarrollo y obtención de tasas de crecimiento económico que superen los promedios internacionales. La construcción y mantenimiento de las carreteras generan grandes cantidades de empleo, por lo tanto, tienen una enorme importancia para el desarrollo económico. Las vías terrestres interconectan los puntos de producción y consumo y el estado de las mismas determina en un alto porcentaje el nivel de costos de transporte, los cuales a su vez influyen sobre los flujos de comercio nacional e internacional de un país (CEPAL,2002).

Justificando el crecimiento poblacional y económico de los pueblos, en la Región Cajamarca, el año 2004, se inició la planeación de una carretera que la comunicará con el

departamento de Lambayeque. Sin embargo, debemos tener en cuenta que durante la ejecución de obras y con motivo de los movimientos de tierra, mejoramiento del terraplén, transporte de materiales, erosión eólica y exposición de las canteras se produce un incremento en la emisión de partículas, que temporalmente pueden ocasionar niveles de emisión elevados de partículas en suspensión y sedimentables. También se producirían emisiones de contaminantes aéreos por instalaciones industriales (chancadoras) y emisiones de vehículos pesados (pool de maquinaria). Además, y con posterioridad a la entrega de la obra, el tráfico rodado será una de las principales fuentes de contaminantes atmosféricos [óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )] que afecten al medio ambiente y específicamente a la calidad del aire y a la población circundante. Al respecto, la Organización Mundial de la Salud estima que cerca de 625 millones de personas están expuestas a niveles insalubres de  $\text{SO}_2$  y más de mil millones a niveles excesivos de partículas en el aire (López, 2013).

La calidad del aire, disminuirá por la generación de polvo por tráfico de vehículos en tramos afirmados, por las emisiones vehiculares durante la rehabilitación de la carretera, así como en la fase de operación de la misma. El incremento en el tráfico vehicular generará un aumento de las emisiones principales de vehículos como el CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , hollín y alquitranes con un cierto contenido de plomo (Saavedra, 2014).

El CO es tóxico para todos los seres vivos, pero no constituye un riesgo en cuanto las emisiones se liberen al aire libre. Los residuos sólidos de hollín y alquitrán tienen el mismo efecto perjudicial a la respiración de las plantas que el polvo, con la característica adicional del contenido de metales pesados, principalmente el plomo, y que la capa formada encima del follaje no se quita con la lluvia. El plomo va penetrando el suelo y las aguas de subsuelo por vías directas o con material orgánico contaminado, insertándose en los ciclos nutritivos de los organismos, y si se presenta en cantidades suficientes afecta

el sistema nervioso de los animales hasta provocar su muerte. Los metales básicos no se expulsan del cuerpo, por lo que se van acumulando en las células y concentrándose en los animales carnívoros que se encuentran en lo alto de la cadena alimenticia, como ser peces ictiófagos, caimanes, aves rapaces, lobos de río y felinos. El aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha sido implicado en el efecto invernadero, que es la causa principal de los cambios globales del clima (Saavedra, 2014).

El presente trabajo de investigación se realizó en los meses de abril y diciembre del año 2012 y en los meses de abril, setiembre y diciembre del año 2013, que, por motivos de fuerza mayor, ajenos al investigador, no fue posible sustentar la investigación en el debido tiempo, pero los resultados obtenidos son datos reales, válidos y confiables en las fechas realizadas, el cual servirá como un antecedente o línea base en los monitoreos de la calidad del aire para futuras investigaciones.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es la variación en el tiempo de la concentración atmosférica de CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en la construcción de la carretera Chota-Cochabamba (Cajamarca)?

## **1.3 Justificación**

La adecuada disponibilidad de obras de infraestructura vial, así como la prestación eficiente de servicios conexos, contribuye a que un país o región pueda desarrollar ventajas competitivas y alcanzar un mayor grado de especialización productiva. Por lo tanto, es importante relacionar específicamente la necesidad de precisar el papel que desempeña en el desarrollo de los países, la inversión destinada a adicionar o a mejorar infraestructura básica y a ampliar o mejorar la prestación de servicios asociados a ésta, especialmente en relación con los incrementos de productividad y tasas de crecimiento de la economía. Sin embargo, su construcción demanda de la operación de maquinaria pesada, vehículos de alto tonelaje y otros motores cuyas emisiones

gaseosas ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) son liberadas a la atmósfera, conjuntamente con el material particulado derivado de la remoción de suelos y transporte de materiales (CEPAL, 2002).

La adición de cualquier sustancia que altere las propiedades físicas o químicas del aire, constituye un contaminante, siendo los más comunes el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, los hidrocarburos, los oxidantes fotoquímicos y las partículas cuyos componentes pueden ser muy diversos: metales pesados, silicatos, sulfatos, entre otros.

De lo expuesto se deduce que la calidad ambiental del aire se ve alterada por el desarrollo de actividades antropogénicas. Esta alteración se ve reflejada por los sucesos durante los cuales los niveles de concentraciones de contaminantes sobrepasan los estándares nacionales de la calidad ambiental del aire. El impacto de la contaminación del aire en la salud de las personas se presenta principalmente de dos formas. La primera, en formas de contaminación crónica por espacios de tiempo prolongadas y sostenidas; la segunda, en forma de contaminación aguda a través de exposiciones de corta duración, las que requieren de medidas inmediatas destinadas a reducir la concentración de contaminantes en el aire y disminuir la exposición de la población mediante el monitoreo permanente (CEPAL, 2002).

La presente investigación tiene por finalidad aportar al conocimiento sobre la variación en el tiempo de la concentración atmosférica de los gases como el monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en la construcción de la carretera Chota- Cochabamba de la cuenca del río Chotano.

De los resultados de este trabajo de investigación, surgirán los monitoreos permanentes en las obras de infraestructura vial y detectar la concentración de los contaminantes atmosféricos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo principal.**

Determinar la variación en el tiempo la concentración atmosférica de Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y Dióxido de Azufre en la construcción de la carretera Chota- Cochabamba (Cajamarca)

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Monitorear las concentraciones de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, a lo largo del día, durante los periodos de estudio
- Determinar la concentración de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre en las zonas monitoreadas.
- Comparar los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo con los estándares de calidad ambiental (ECA), elaborado por el Ministerio del Ambiente.

## **1.5 Hipótesis**

La construcción de la carretera Chota-Cochabamba incrementa la concentración de los contaminantes atmosféricos, Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno y Dióxido de Azufre (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>); sobre los Estándares de Calidad Ambiental; lo cual tiene incidencia en la calidad del aire en la zona de estudio.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes Teóricos de la investigación

##### 2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Moyano (2017), evidenció que en la ciudad de Cuenca-Ecuador los últimos años la contaminación del aire alcanza niveles significativos y que está en estrecha relación con los efectos del congestamiento vehicular. Usando la herramienta de micro simulación de tránsito AIMSUN 8.1". Desarrolló un modelo matemático para la estimación de dióxido de carbono y óxidos nitrosos producto del congestamiento vehicular motorizado, correlacionando flujos vehiculares y velocidades en las principales intersecciones de la avenida Diez de agosto entre la avenida Loja y la avenida del Paraíso de la ciudad de Cuenca. Adicionalmente estableció una secuencia de actividades que servirán de guía para el desarrollo de futuros estudios que complementen lo realizado, con el propósito de establecer en un mediano plazo un modelo de comportamiento generalizado para la ciudad, permitiendo la toma de decisiones de gestión de tránsito enfocadas a limitar los valores permisibles de emisiones de contaminantes del aire.

Bogo (2004), monitoreó gases contaminantes, particularmente CO, NO, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>, y material particulado por periodos prolongados en distintos puntos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y algunos puntos de la zona urbana común y los municipios que conforman la Provincia de Buenas Aires. Éste fue el primer estudio sistemático realizado en la zona usando monitores automáticos e incluyendo diseño y modificación de equipamiento, técnicas y software. Los datos recogidos durante seis años en extensos períodos de monitoreo en sitios de características complementarias, representativos de situaciones típicas de la región, fueron analizados en forma comparativa. Se consideraron

los promedios horarios y mensuales de los parámetros químicos de interés y se correlacionaron con variables meteorológicas, tratando de establecer tendencias estacionales y de verificar su repetitividad anual. Se analizaron las mediciones realizadas mediante modelos estadísticos y de dispersión. Se comenzó un estudio de caracterización de material particulado mediante microscopias óptica, de fuerza atómica y de barrido electrónico, espectroscopias de superficie y cromatografía iónica, obteniéndose información sobre la morfología de las partículas su distribución de tamaños y su composición. Los resultados indican que la principal fuente de CO, NO<sub>x</sub> y partículas es el tránsito vehicular. La concentración de O<sub>3</sub> es generalmente baja, como resultado de la mezcla de emisiones primarias conteniendo NO con masas de aire limpio. Se establecieron correlaciones entre contaminantes gaseosos y material particulado. Se evaluó la actividad fotoquímica en espacios sin tránsito (área verde), hallándose una relación directa entre la radiación solar total medida y la velocidad de fotólisis de NO<sub>2</sub> en verano. Los resultados obtenidos poseen validez como diagnóstico de la situación de la atmósfera de Buenos Aires y pueden usarse con fines predictivos.

Erazo (2016), evaluó en México la distribución espacial de contaminantes atmosféricos como partículas menores a PM<sub>2,5</sub> carbono negro (BC) y óxidos de nitrógeno a una altura menor a los 2.30 m, cerca del arroyo vehicular en una arteria donde transitan vehículos pesados a diésel y ligeros a gasolina. Para que obtengan las concentraciones en tiempo real de PM<sub>2,5</sub> utilizaron un medidor portátil Mie y para los óxidos de nitrógeno se usaron captadores pasivos Ogawa. Sus resultados determinaron diferencias en la altura. Se debe a la estabilidad atmosférica cerca de la superficie o tipo de tráfico ligero o pesado. En cuanto a la distribución de los contaminantes en la horizontal las mayores concentraciones permanecen cerca del arroyo vehicular. Pudieron identificar patrones de distribución de las concentraciones de BC y PM<sub>2,5</sub> lo cual permitió identificar zonas de

mayor y menor exposición. La distribución de los captadores pasivos de Óxidos de Nitrógeno mostró un efecto en las concentraciones por la presencia de un reductor de velocidad, encontrando las máximas a 1, 5 m con excepción del NO<sub>2</sub> y mínimas a 1,0 m de altura antes de él.

Estudios realizados por organismos internacionales concluyen que el excesivo tránsito vehicular trae como consecuencia densidades vehiculares altas y por supuesto bajas velocidades de circulación, indicando que el consumo de combustibles aumenta drásticamente cuando la velocidad reduce; para tener una idea más clara, un automóvil que circula a 10 km/h emite casi 40 g/km de CO, 1,5 g/km de NO<sub>2</sub> y cuando circula a 30 km/h emite 20 g/km de CO, 2 g/km de NO<sub>2</sub>, para el caso de un autobús que circula a 10 km/h emite casi 23 g/km de CO, 22 g/km de NO<sub>2</sub> y cuando circula a 30 km/h emite 15 g/km de CO, 18 g/km de NO<sub>2</sub>, por lo tanto se evidencia claramente la influencia del nivel de congestionamiento en la contaminación del aire (Banco de Desarrollo de América Latina- CAF, 2010).

### **2.1.2 Antecedentes nacionales.**

De la Cruz (2015), concluye que se emitió 56 286,14 toneladas anuales de contaminantes a la atmósfera por las fuentes móviles en la ciudad de Huancayo en el año 2012. Las concentraciones de los contaminantes del aire superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental, en partículas totales en suspensión superan en 12.37%, en dióxido de azufre superan en 77,52% y en plomo en 6.67%, el monóxido de carbono constituye el 54.21% le sigue los compuestos orgánicos volátiles con 29.10% luego están los óxidos de nitrógeno con 12.58%, estimó las emisiones de contaminantes atmosféricos empleando la técnica para el inventario rápidos de la contaminación ambiental.

MINAM (2016), mediante una Resolución Ministerial N° 181-2016 estableció el Índice de Calidad del Aire (INCA), una herramienta que tiene como objetivo difundir la

calidad del aire mediante mecanismos directos o registros históricos El INCA da a conocer a la población el estado actual de la calidad del aire, para ello, calificó el estado de la calidad del aire de una determinada zona y presenta la información en números y colores. Los valores del INCA fueron calculados tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y el valor umbral de aplicación de los Niveles de Estado de Alertas aprobados por la Autoridad de Salud. Este índice se basa en los resultados de mediciones de seis contaminantes criterio que afectan la calidad del aire, estos son el Material Particulado (PM), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Hidrógeno Sulfurado (H<sub>2</sub>S) y Ozono (O<sub>3</sub>). De este modo, facilita que las personas tomen las medidas adecuadas para proteger su salud.

Ñaña (2014), analizó la variabilidad temporal de la concentración del monóxido de carbono (CO) en las regiones costa (Chilca, Lima), sierra (Huancayo, Junín) y selva (Puerto Maldonado), encontraron que los datos del Monóxido de Carbono (CO) muestran un promedio de 2,67 (1018 mol/cm<sup>2</sup>), en Chilca; 1,89 (1018 mol/ cm<sup>2</sup>) en Huancayo y 4,70 (1018 mol/cm<sup>2</sup>) en Puerto Maldonado; los cuales fueron validados estadísticamente ( $p > 0,05$ ), con valores máximos durante los meses de agosto a octubre y valores mínimos de mayo a julio, por un período de once años. Los hallazgos evidenciaron un patrón estacional en la concentración de Monóxido de Carbono (CO) que se mantiene para todos los años sobre las tres ciudades, con un incremento de agosto a octubre, resultando Puerto Maldonado la ciudad con mayor concentración de Monóxido de Carbono (CO) y Huancayo con menor concentración.

Gonzales et al. (2014), presentaron un artículo de revisión sobre la contaminación del agua, el aire y el efecto del cambio climático en la salud de la población peruana. Uno de los principales contaminantes del aire es el material particulado menor de 2,5  $\mu$  (PM<sub>2,5</sub>), en la ciudad de Lima, anualmente 2300 muertes prematuras son atribuibles a este

contaminante. Otro problema es la contaminación del aire domiciliario por el uso de cocinas con combustible de biomasa, donde la exposición excesiva a  $PM_{2,5}$  dentro de las casas es responsable de aproximadamente 3000 muertes prematuras anuales entre adultos, con otro número desconocido de muertes entre niños debido a infecciones respiratorias. Entre otros factores el cambio climático incrementa la temperatura y puede extender las áreas afectadas por enfermedades transmitidas por vectores, además de tener efecto en la disponibilidad del agua y en la contaminación del aire. Los investigadores concluyen que el Perú, pasa por una transición de factores de riesgo ambientales, donde coexisten riesgos tradicionales y modernos, y persisten los problemas infecciosos y crónicos, algunos de los cuales se asocian con problemas de contaminación de agua y de aire.

Celis et al. (2007), resaltaron la importancia de realizar monitoreos de la calidad de aire de manera frecuente en un intervalo de 3 a 4 horas para seguir el comportamiento antropológico y considerar las variables meteorológicas para obtener resultados más exactos.

Chung (2008), relaciona la contaminación del agua, aire, suelo y alimentos como la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida. Hoy tenemos un sinnúmero de sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud porque se encuentran en altas concentraciones. Para tener referencia y conocimiento del nivel de contaminación que existe en cada lugar, es necesario que existan metodologías y técnicas analíticas, así como normas técnicas referidas al control de contaminantes en el ambiente, es decir en el agua, aire, suelo y alimentos. Actualmente en el país, tenemos reglamentación referidas al agua y aire. Las normas para aire están referidas a los contaminantes primarios como el  $CO$ ,  $SO_2$ , entre otros. En el contexto nacional actual, con 9,7% de crecimiento en la productividad y desarrollo de actividades económicas diversas, es necesario la

complementación del marco normativo medioambiental y el desarrollo de la capacidad analítica nacional para la evaluación de sustancias químicas y el control de la contaminación del ambiente.

Enshassi et al. (2014), concluyeron en su investigación sobre la evaluación de los impactos ambientales de los proyectos de construcción, que el sector de la construcción tiene impactos directos e indirectos sobre el ambiente, determinando el efecto que tiene el proceso de construcción, masivo sobre ecosistemas, salud pública y recursos; contaminando aire, suelo y agua.

Mendoza (2014), estudió la valoración de contaminantes del aire generada por fuentes móviles para la gestión de la calidad de aire en el cercado de Tacna, dicho estudio se centró en valorar las emisiones generadas por fuentes móviles en la cuenca atmosférica del Cercado de Tacna en los años 2011-2012. Los resultados indican que las emisiones producidas no implican por sí solas, valores, que incidan directa o significativamente sobre la calidad del aire, es necesario una evaluación integral de la calidad del aire; por tanto, las emisiones generadas son de 796, 17 ton/año, para los componentes listados en el D.S. 074-2001-PCM.

MINAM (2014), en su monitoreo de la calidad de aire en diversas ciudades, demostraron los datos de concentraciones diarias obtenidas para el SO<sub>2</sub>. en la figura 1. Las ciudades de Cusco, Chachapoyas y Huancayo presentaron niveles de concentración mala (anaranjado), once (11) ciudades presentaron concentraciones moderadas (amarillo) y el resto, 15 ciudades presentaron valores bajos (verde), en total 26 ciudades se encontró concentraciones por debajo del ECA vigente de 20 µg/m<sup>3</sup>.

Respecto a la información de los valores máximos y mínimos encontrados durante el monitoreo por ciudades, en la figura 2 se aprecia que, en varias ciudades, los valores máximos e incluso mínimos exceden el valor del ECA vigente de 20 µg/m<sup>3</sup> como son

Chachapoyas y Cusco. En las ciudades de Huancayo, Cajamarca, Tumbes, Tacna y Bagua Grande; los valores máximos excedieron en el ECA.

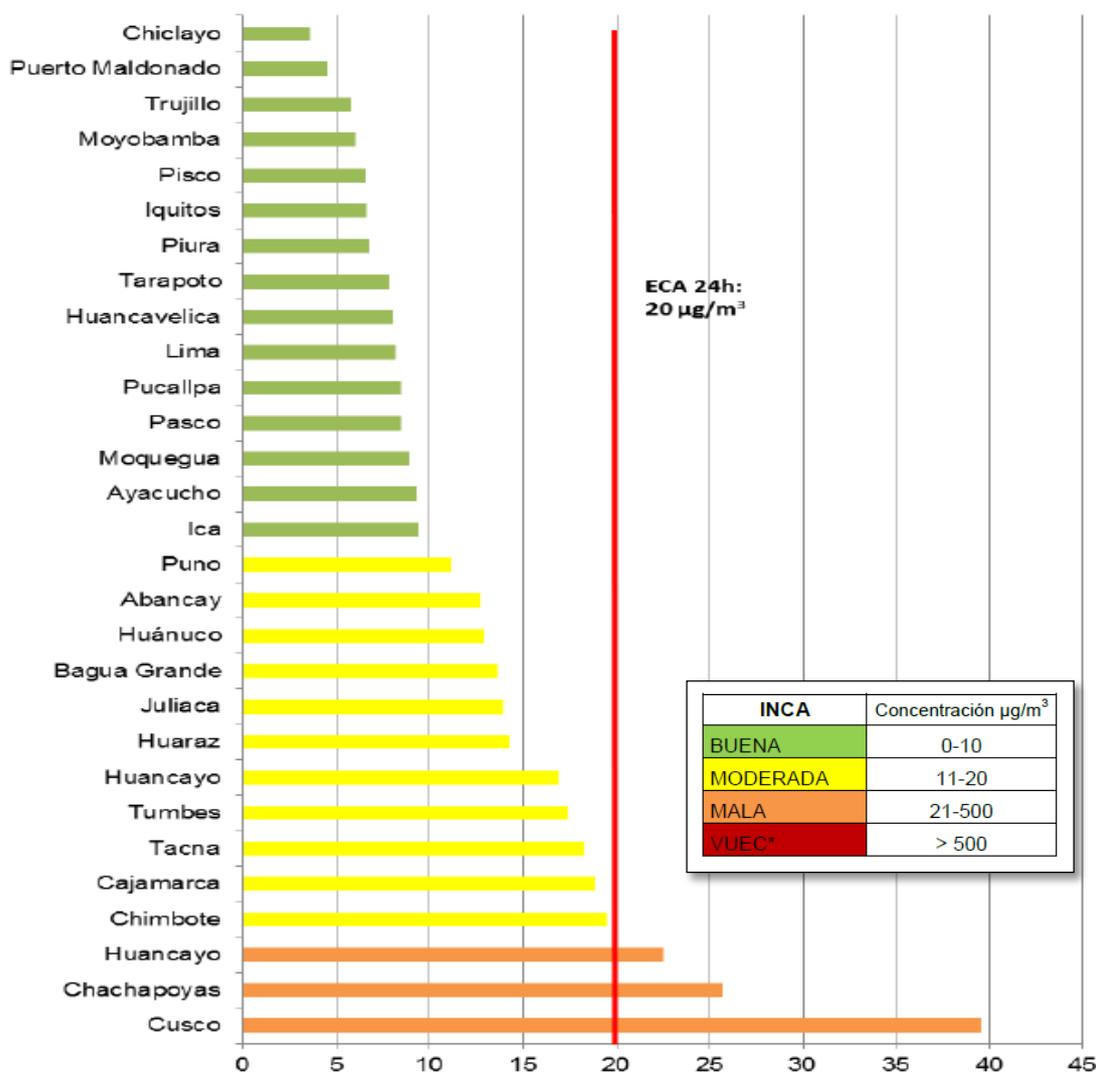


Figura 1. Concentración promedio diario SO2 en ciudades, 2013-2014

Fuente: Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014 (MINAM)

Para los valores referidos al NO<sub>2</sub>, se cuenta con información de monitoreos puntuales de 21 ciudades consideradas como Zonas de Atención Prioritaria.

Los resultados en general mostraron valores bastante bajos, perteneciendo casi todas las ciudades a la categoría buena. En la figura 3 se presentan las ciudades que presentaron los valores más bajos son Pucallpa, Iquitos, Cajamarca y Ayacucho y las ciudades que presentaron los valores más altos son Puerto Maldonado Cusco y Huaraz,

notando que Huaraz alcanzó los 105.47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , por lo que se le da la calificación de moderada; pero en ningún caso se excedió el ECA de aire para  $\text{NO}_2$ , valor horario de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (MINAM, 2014).

Valores diarios máximo y mínimo de  $\text{SO}_2$  en ciudades, 2013-2014

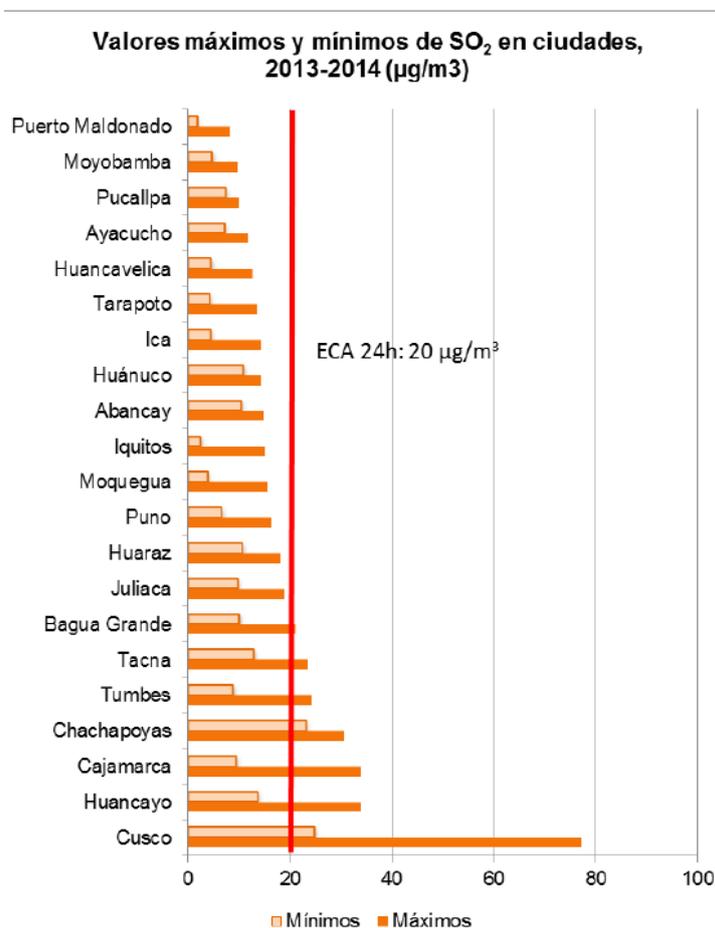


Figura 2. Valores diarios máximos y mínimos de  $\text{SO}_2$  en ciudades, 2013-2014 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Fuente: Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014 (MINAM)

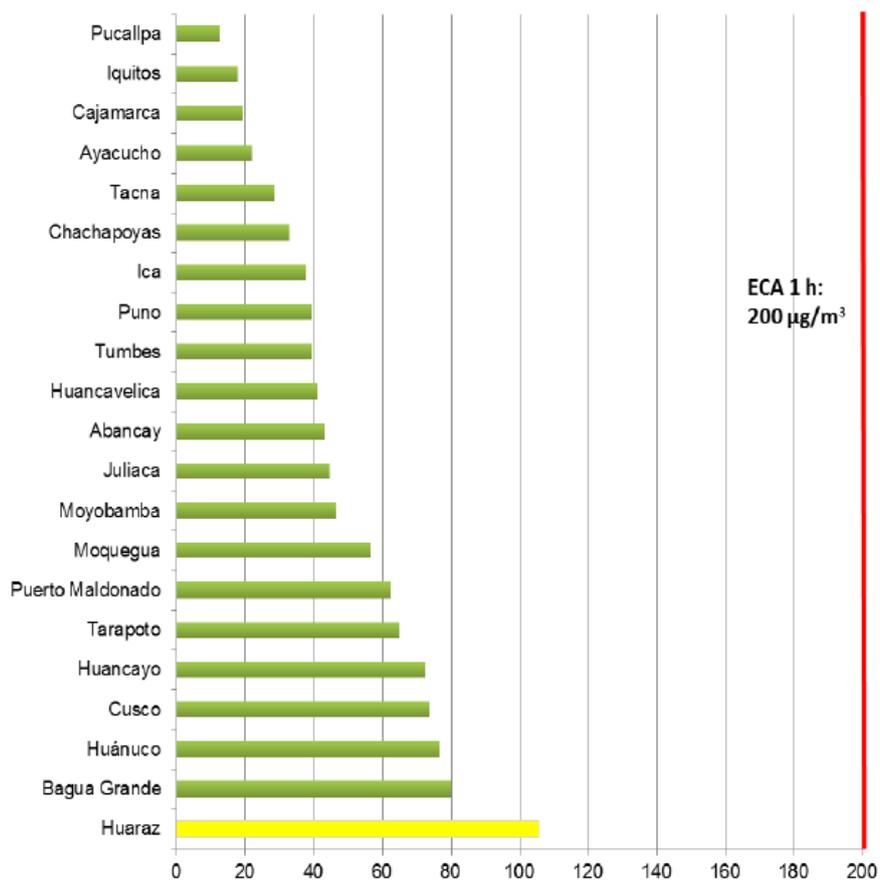


Figura 3. Concentración máxima horaria NO<sub>2</sub> en ciudades, 2013-2014

Fuente: Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014 (MINAM)

### 2.1.3 Antecedentes Regionales.

Araujo (2016), se orientó a determinar la magnitud de los costos externos por la contaminación del aire en la ciudad de Cajamarca. Concluyó que la concentración de CO sobrepasa los estándares nacionales de calidad de aire; mientras que no se encontró concentración en NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>. En promedio, los contaminantes en Cajamarca no superan los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) en una hora.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1. Contaminación atmosférica.

Durante los últimos decenios hemos aprendido que no es posible continuar ignorando el creciente impacto de las actividades humanas sobre el ambiente biofísico del cual somos parte. Hemos tomado conciencia de los peligros que encierra la

explotación indiscriminada de los recursos naturales (pesquerías, bosques, suelos, ríos, minerales, hidrocarburos), y del riesgo que corremos al sobrecargar la capacidad de la tierra para absorber desperdicios (contaminación del aire y del agua, lluvia ácida, desechos sólidos, desperdicios tóxicos). Como resultado, las consideraciones ambientales han pasado a ocupar un lugar prominente en las estrategias y políticas de desarrollo en prácticamente todos los países del mundo (Charpentier e Hidalgo, 1999).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012), señala que la contaminación atmosférica es el fenómeno de acumulación de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como el resultado de actividades humanas o procesos naturales, causando molestias o daños a la salud de las personas o seres vivos.

Ballester (2010), en sus investigaciones demuestran que, la contaminación atmosférica representa un riesgo para la salud de la población de nuestras ciudades, y que, por tanto, las políticas y acciones encaminadas a reducir las concentraciones de contaminación atmosférica tendrían un efecto beneficioso sobre la salud de la población española. De manera resumida, los principales efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud van desde un aumento en el número de defunciones, de ingresos hospitalarios y de visitas a urgencias, especialmente por causas respiratorias y cardiovasculares, hasta alteraciones del funcionalismo pulmonar, problemas cardíacos y otros.

## **2.2.2. Contaminantes atmosféricos gaseosos.**

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

El CO es un gas incoloro e inodoro que se forma por la combustión incompleta de material orgánico, en presencia deficitaria de oxígeno. Es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre, y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina. Las principales fuentes productoras de este contaminante

son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel; los procesos industriales; los incendios forestales y urbanos y la incineración de materia orgánica. Los vehículos automotores y los procesos industriales son responsables de aproximadamente 80 % de las emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera (Téllez et al., 2006).

El CO es uno de los agentes contaminantes más peligrosos para la salud humana porque causa en los seres humanos una rápida reducción en la capacidad de la sangre de transportar oxígeno, dando por resultado dolores de cabeza, fatiga, problemas respiratorios y en algunos casos la muerte por asfixia (Caballero, 2011).

El CO es el contaminante del aire más abundante y ampliamente distribuido de los que se encuentran en la capa inferior de la atmósfera, denominada troposfera; su principal origen natural es la oxidación del Metano ( $\text{CH}_4$ ) y, puesto que todo el metano de la atmósfera se produce por descomposición anaerobia de la materia orgánica, cabe afirmar que estos procesos constituyen una fuente natural de CO (Centro de Recursos Ambientales de Navarra CRANA, 2016).

El CO tiene una afinidad mucho mayor con la hemoglobina, y forma la carboxihemoglobina. Si la cantidad de esta sustancia y el tiempo de exposición son suficientes, la privación de oxígeno puede producir efectos negativos en la salud, como alteraciones del flujo sanguíneo y del ritmo cardíaco, perturbaciones visuales, dolores de cabeza, reducción de la capacidad laboral, reducción de la destreza manual, vómitos, desmayo, convulsiones, coma e inclusive la muerte (Páez, 2008).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, manifiesta que las emisiones de CO al ambiente son producidas en un 95 % por los vehículos automotores. La Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile informó que para el año 2000, el 91 % de las emisiones de CO en la región metropolitana de Santiago de Chile fueron

producidas por el transporte automotor. En México, los vehículos automotores también son responsables de la mayor cantidad de emisiones de CO a la atmósfera; allí se ha fijado como concentración media de este compuesto para 1 hora el valor de 11 partes por millón, que equivale a 100 puntos del Índice Metropolitano de Calidad del Aire (Téllez et al., 2006).

En Brasil, el CO es el polutante emitido en mayor cantidad a la atmósfera. En Sao Paulo 1,5 millones de toneladas son lanzadas al aire anualmente; de estos el 78 % son producidos por los automotores a gasolina o diésel, 15 % por automotores con combustible alcohol, 3 % por motocicletas, 2 % por taxis y 2 % resultan de procesos industriales (Téllez et al., 2006).

En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, estimó para 1996 las emisiones atmosféricas de gases con efecto local en 8612 kilo toneladas, de las cuales el CO representó el 58 %. En Bogotá, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente estima que la concentración media de monóxido de carbono atmosférico en un día normal se encuentra entre 30 y 35 partes por millón. En el informe sobre monitoreo realizado en el “día sin carro” en 2005, se estimó que la concentración ambiental de monóxido de carbono disminuyó en un 76 % respecto a un día normal (Téllez et al., 2006).

En investigaciones realizadas sobre 882 personas fallecidas en el periodo de 1991 a 2000, encontraron que los periodos del año que con mayor frecuencia se presentaron casos relacionados con monóxido de carbono, son los correspondientes a otoño e invierno, en una estrecha relación con el uso de calderas, calefacciones, braseros y chimeneas en los hogares. En 1986, Kosada, reportó en España 31 casos de intoxicación por CO; Portoles y Algarra informaron en 1992 una serie de 13 casos de intoxicación aguda por CO en España. Revert y Brotons describieron en 1995 una epidemia de

intoxicación aguda por CO en la Región de Badía, relacionada con escapes en equipos de calefacción en temporada de invierno. Dueñas, Ruiz-Mambrilla y otros en 1997 informaron sobre 154 casos de intoxicación por CO presentado en 2 hospitales de la región de Valladolid en España en un periodo de 18 meses; de estos casos 5 fueron mortales (Gómez y Valcarce, 2003).

El CO, por sus características físico-químicas es llamado “el asesino silencioso”, utiliza múltiples mecanismos de toxicidad que explican sus potenciales efectos adversos en la salud humana. Entre ellos se encuentran los siguientes: Compite con el oxígeno y altera la curva de disociación de la hemoglobina. Una vez que penetra al organismo, el CO se une a las enzimas del grupo Hem de la hemoglobina, desplazando al oxígeno de la misma. De esta manera se forma en la sangre un complejo que se denomina carboxihemoglobina, que dificulta el transporte de oxígeno a las células y tejidos, lo que va a producir una hipoxia celular generalizada. La molécula de hemoglobina dispone de cuatro sitios de unión con el oxígeno, cuando uno de estos sitios es ocupado por el CO, la hemoglobina se altera de tal forma que impide que los otros sitios se unan al oxígeno, produciendo así una desviación de la curva de disociación oxígeno-hemoglobina hacia la izquierda. Esta alteración empeora la hipoxia celular producida por la formación de carboxihemoglobina. (Gómez y Valcarce, 2003).

#### **2.2.1.2. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

La OMS (2004), investiga al NO<sub>2</sub> como parte de un grupo de contaminantes gaseosos que se producen como la consecuencia de la quema de combustibles fósiles en el transporte e industria. La exposición constante a este produce disminución de la función pulmonar y aumenta el riesgo de aparecer enfermedades graves como bronquitis aguda entre otras, especialmente en niños.

Galiano y Palomares (1978), el problema de la contaminación atmosférica por  $\text{NO}_2$  es conocido desde hace ya bastante tiempo. Existe normalmente, junto con el monóxido, aunque en menor proporción que éste en la atmósfera, como producto de fenómenos naturales. En zonas urbanas e industriales se forman ambos óxidos bajo condiciones de altas temperaturas como las que se obtienen en el quemado de combustibles fósiles, y son emitidos a la atmósfera por los automóviles, chimeneas, incineradores, etc. La mayor parte de óxidos producidos es en forma de monóxido, el cual es oxidado en la atmósfera a  $\text{NO}_2$  más tóxico e irritante. Esta oxidación es favorecida enormemente, por procesos fotoquímicos en que intervienen hidrocarburos reactivos.

El método más utilizado para la medida del  $\text{NO}_2$  en la atmósfera emplea técnicas estándar para colectar la muestra en soluciones de absorción, realizando la determinación analítica espectrofotométricamente. Entre estos métodos está el de Jacobs-Hochheiser que hace pasar la muestra de aire a través de una solución acuosa de hidróxido sódico, haciendo reaccionar el ion nitrito formado con sulfanilamida y cloruro de naftiletildiamina para formar el colorante azo. El método de Griess-Saltzman, sin duda el más utilizado, está basado en la reacción del  $\text{NO}$  con ácido sulfanílico para formar la sal de diazonio, que reacciona con el cloruro de naftiletildiamina para formar el azo intensamente coloreado. El aire se hace pasar por una solución del reactivo durante periodos de 30 minutos y midiendo el color al cabo de 15 minutos (Galiano y Palomares, 1978)

Christie et al. (1970), utiliza como reactivo de absorción una solución de arsenito sódico, en tanto que utilizan como reactivo de absorción una disolución de trietanolamina, o tamiz molecular impregnado con trietanolamina. Basándose en este trabajo, Bourbon et al. (1976), proponen una técnica utilizando filtros de celulosa impregnados de triestaño, lámina para la determinación de  $\text{NO}$  en las concentraciones habituales en la atmósfera.

### **2.2.1.3 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**

El dióxido de azufre es un gas ácido incoloro. Se produce en la combustión de carbón o petróleo que contengan cantidades de azufre importantes. La contaminación del dióxido de azufre es más intensa en condiciones inmóviles del aire, ya sea en verano o invierno. El dióxido de azufre se oxida con la luz del sol para formar partículas secundarias, tales como sulfato de amonio y ácido sulfúrico. Algunos de los peligros de este gas se encuentran en llamada “lluvia ácida” que es la precipitación combinada con dióxido de azufre. La lluvia ácida daña la vegetación, edificios, causa la degradación del suelo y contamina cursos de agua. Las concentraciones grandes de dióxido de azufre pueden conducir a la irritación aguda de los ojos, de la nariz, y de la garganta. Además, el ataque químico al tejido pulmonar puede también deteriorar la respiración, teniendo como resultado la bronquitis química. La gente que sufre de enfermedades pulmonares como el asma (cerca al 10% de la población) experimenta un deterioro en su respiración como consecuencia de la exposición a las altas concentraciones del dióxido de azufre (Caballero, 2011).

El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro con un olor irritante característico. Este olor es perceptible a diferentes niveles, dependiendo de la sensibilidad individual, pero generalmente se percibe entre 0.3-1.4 ppm y es fácilmente notable a 3 ppm (Baxter, 2000; Wellburn, 1994). SO<sub>2</sub> no es inflamable, no es explosivo y es relativamente estable. Su densidad es más del doble que la del aire ambiental (2.62 g/mL a 25°C y 1 atm (Lide, 2003), y es altamente soluble en agua (Gangolli, 1999). En contacto con membranas húmedas SO<sub>2</sub> forma ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), que es responsable de fuertes irritaciones en los ojos, membranas mucosas y piel (Komarnisky et al., 2003).

El SO<sub>2</sub>, tiene en la atmósfera una vida corta (de 2 a 4 días), casi la mitad de las emisiones vuelven a depositarse en la superficie, mientras que el resto se transforma en (SO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup>. Con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se reduce y transforma en SO<sub>3</sub>, formado la lluvia ácida (ácido sulfúrico), y sales como los sulfitos y bisulfitos. (MINAM ,2013),

Más del 50% de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) provienen de las actividades antropogénicas, particularmente por la combustión del carbón y petróleo. Las fuentes móviles, fundiciones, siderurgia, refinerías son algunas de las principales fuentes; en tanto que los volcanes son fuentes naturales. El valor de ECA nacional para SO<sub>2</sub> es de 20 µg/m<sup>3</sup> en 24 horas coincidente con el Valor Guía de la OMS (MINAM, 2013)

### ***2.2.2.3. Estándares de calidad ambiental (ECA).***

En el Perú, estos límites están regulados por el Ministerio del Ambiente. Según el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM, aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).

**Tabla 1***Estándares Nacionales de Calidad del Aire*

Parámetros	Período	Valor [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Criterios de evaluación	Método de análisis
Benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases Fluorescencia ultravioleta
Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	(Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )	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
	Anual	25	Media aritmética anual	(Gravimetría)
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras ( $\text{Pm}_{10}$ )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración
	Anual	50	Media aritmética anual	(Gravimetría) Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	10000	Media aritmética móvil Máxima media diaria	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Ozono ( $\text{O}_2$ )	8 horas	100	NE más de 24 veces al año	
	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM
Plomo (Pb) en PM			Media aritmética de los valores mensuales	10
	Anual	0,5		(Espectrofotometría de Fluorescencia ultravioleta
Sulfuro de Hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )	24 horas	150	Media aritmética	(Método automático)

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.

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM

### **2.2.3 Calidad de aire**

MINAM (2011), manifiesta que calidad de aire es una indicación de cuando el aire esté exento de contaminación atmosférica, y por lo tanto apto para ser respirado.

Querol (2008), señala que la modificación de la composición de la atmósfera por causas antropogénicas o naturales altera la calidad del aire, a la vez que puede causar cambios en el clima por su influencia en el balance radiactivo terrestre, distinguiendo así dos escalas

Escala local, regional y de larga distancia, donde el deterioro de la calidad del aire o el aporte de determinados contaminantes puede tener repercusiones negativas sobre los ecosistemas, e incluso sobre la salud humana.

Escala global: el aporte de contaminantes específicos (caso de emisiones de gases de efecto invernadero o de aerosoles atmosféricos) o la destrucción de determinados componentes atmosféricos (caso de la destrucción del ozono estratosférico) pueden modificar el balance radiactivo terrestre y por ello inducir cambios en el clima.

Aunque las causas de la contaminación del aire pueden ser naturales o también antropogénicas, son estas últimas que afectan directa y negativamente sobre la calidad del aire.

Los indicadores que mejor reflejan la calidad de vida de una sociedad son los medioambientales. Así, solamente cuando estén casi totalmente satisfechas demandas como la asistencia sanitaria, el empleo, la vivienda o el ocio, la protección del medio ambiente ocupa realmente un lugar destacado en la lista de las principales preocupaciones de los ciudadanos.

#### ***2.2.3.1 Control de la calidad del aire***

Se debe realizar el control de la calidad del aire para evaluarlo y establecer objetivos que nos permitan exigir estrategias para reducir las emisiones dañinas y con

esto disminuir la exposición de la población a determinados contaminantes; además también se debe investigar las relaciones causa efecto entre los niveles de exposición de la población que permite definir umbrales de protección para su posterior uso en normativa ambiental.

Así se tiene que muchos procesos o actividades emiten partículas, y muchos de ellos tienen lugar en aglomeraciones urbanas, con el consiguiente impacto directo sobre la población (Pope, 2006).

Debido a ello, en las últimas décadas se ha hecho un gran esfuerzo para reducir las emisiones de procesos industriales, vehículos, generación eléctrica, emisiones domésticas y agrícolas. Sin embargo, la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos que evoluciona de manera paralela al desarrollo industrial y social, exige cada vez más tecnología para minimizar los efectos adversos de los contaminantes en la salud humana, en los ecosistemas y en bienes de naturaleza diversa. Ello es debido a que incluso los niveles alcanzados en la actualidad (muy inferiores a los de hace 30 años) tienen efectos adversos (Ballester, 1999).

En este escenario, la mejora de calidad del aire en el futuro en países plenamente desarrollados se ha de basar en fijar objetivos de calidad del aire muy estrictos para que de esta manera su cumplimiento exija el perfeccionamiento de la tecnología ambiental o la aplicación de planes y estrategias que permitan alcanzarlos. Esta situación es compleja dado que requiere de conocimientos científico-técnicos profundos, no siempre plenamente desarrollados cuando se aplican planes y programas. Ello puede crear situaciones en las que, en regiones con niveles de exposición relativamente bajos, a pesar de aplicar planes y programas para reducir aún más las emisiones, sus efectos no son siempre patentes en la reducción de la exposición (Querol, 2008).

La investigación futura en este campo se ha de enfocar a relacionar la reducción de emisiones y sus efectos en la reducción de la exposición. Este escenario sin embargo no es aplicable más que en países plenamente desarrollados. Una gran parte de la población del planeta está expuesta a niveles de contaminantes equivalentes a los que la población de los países plenamente desarrollados estaba expuesta hace 30 años. En estas zonas el crecimiento de la población y un desarrollo poco sostenible, han causado un deterioro de la calidad del aire y el crecimiento continuado de las emisiones de contaminantes con incidencia en el clima global y en la salud de sus habitantes. El apoyo a estos países para que compatibilicen el desarrollo económico y social con una minimización de las emisiones atmosféricas, es básico para cualquier planificación en lo referente a emisiones de contaminantes con efectos adversos en la salud, e impacto en los ecosistemas y en la modificación del clima (Querol, 2008).

#### ***2.2.3.2 Sustentabilidad ambiental***

La preocupación contemporánea acerca de la sustentabilidad ambiental se remonta a las advertencias que se hicieron a partir de los años sesenta sobre el impacto negativo de los patrones de crecimiento económico de los países industrializados (Charpentier, 1999).

Ahora sabemos que los problemas de sustentabilidad ambiental y de utilización de recursos están estrechamente vinculados con el crecimiento de la población y con la pobreza en los países en vías de desarrollo, y también a los hábitos de consumo excesivo y el despilfarro de recursos y energía en los países ricos. Si bien estamos aún muy lejos de poner en práctica lo que se predica, también se acepta que para hacer frente a los desafíos ambientales del siglo XXI será necesario introducir grandes cambios en los valores, las instituciones y en el comportamiento de los agentes económicos y los individuos tanto en los países ricos como en los pobres (Charpentier, 1999).

Desde una perspectiva más amplia, la idea acerca de la relación entre el medio ambiente y el desarrollo han evolucionado en forma significativa a lo largo del último medio siglo. Tal como se reseña en este informe, partiendo de una dicotomía primordial entre “economía de frontera” y “ecología profunda”, otros paradigmas protección ambiental, manejo de recursos y eco desarrollo, han surgido en una progresión que busca integrar en forma cada vez más estrecha a los sistemas económicos, ecológicos, culturales y sociales. Esto ha llevado a una redefinición del proceso de desarrollo para incluir las consideraciones ambientales y sociales, llegando a lo que se denomina en la actualidad el desarrollo humano sustentable (Charpentier, 1999).

## **2.3 Definición de términos básicos**

### **2.3.1 Contaminación**

Se entiende por contaminación atmosférica al ingreso a la atmósfera de sustancias extrañas que alteran la composición natural, generando molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos, provienen de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas (Álvarez et al., 2017).

### **2.3.2 Contaminante**

Un contaminante es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no) en un ecosistema, en el medio físico o en un ser vivo. Manifiesta que el contaminante es siempre una alteración negativa del estado natural del medio ambiente, y generalmente, se genera como consecuencia de la actividad humana. Para que exista contaminación, la sustancia contaminante deberá estar en cantidad relativa suficiente como para provocar ese desequilibrio. Esta cantidad relativa

puede expresarse como la masa de la sustancia introducida en relación con la masa o el volumen del medio receptor de la misma. Este cociente recibe el nombre de concentración (Bermudez, 2010).

### **2.3.3 Contaminantes gaseosos**

En ambientes exteriores e interiores los vapores y contaminantes gaseosos aparece en diferentes concentraciones. Los contaminantes gaseosos más comunes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono. Diferentes fuentes producen estos compuestos químicos pero la principal fuente artificial es la quema de combustible fósil. La contaminación del aire interior es producida por el consumo de tabaco, el uso de ciertos materiales de construcción, productos de limpieza y muebles del hogar. Los contaminantes gaseosos del aire provienen de volcanes, incendios e industrias. El tipo más comúnmente reconocido de contaminación del aire es la niebla tóxica (smog). La niebla tóxica generalmente se refiere a una condición producida por la acción de la luz solar sobre los gases de escape de automotores y fábricas (Bermúdez, 2010).

### **2.3.4 Monóxido de Carbono**

El CO es un gas incoloro e inodoro que se produce como consecuencia de la oxidación parcial de compuestos de carbono. Su elevada toxicidad en animales y humanos es debida a su mayor afinidad por la hemoglobina frente al oxígeno (Carmona, 2017)

Alrededor del 70% proviene de fuentes móviles pues prácticamente todo emana por la combustión incompleta de los vehículos a motor. La concentración de CO es un parámetro adecuado para el seguimiento de la contaminación primaria de origen vehicular, porque su determinación es comparativamente sencilla respecto a otros contaminantes atmosféricos. Además, se puede utilizar para establecer correlaciones con otros contaminantes primarios, en particular óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos

volátiles y material particulado. Este hecho es relevante para inferir la evolución horaria de material particulado en suspensión, cuya determinación sobre períodos cortos de tiempo es más dificultosa, y permitirá obtener indirectamente concentraciones de compuestos orgánicos volátiles, previo análisis de la composición de la flota vehicular y la distribución de vehículos por tipo de combustible (Defensoría Del Pueblo, 2009).

### **2.3.5 Dióxido de Nitrógeno**

En la atmósfera existen siete especies diferentes de óxidos de nitrógeno cuya importancia como contaminantes varía ampliamente de unas a otras. La relación completa de estos compuestos es la siguiente: NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Aunque, en términos generales, el óxido nitroso sea la especie más abundante de todas las mencionadas, su escasa reactividad química (tiempo de vida estimado en la atmósfera 120 años) impide que sea considerado como contaminante. Del resto de esos compuestos, los más abundantes en atmósferas contaminadas son el NO y el NO<sub>2</sub>, debido a su estrecha relación de interconversión (Crutzen, 1970). Además, son precursores del ácido nítrico, cuya eliminación de la atmósfera por deposición seca o por transferencia a las gotas de agua (nubes y lluvia) contribuye directamente a la deposición ácida.

### **2.3.6 Índice de calidad ambiental**

El Índice de Calidad del Aire (AQI, por sus siglas en inglés) es una herramienta usada por la EPA y otras agencias para proveerle al público información oportuna y fácil de comprender sobre la calidad del aire local. También indica si los niveles de polución son perjudiciales a la salud. El AQI informa al público si la condición del aire debe preocuparle por su salud. El AQI se enfoca en los efectos de salud que pueden pasar dentro unas horas o días después de respirar el aire (Bermúdez, 2010).

### **2.3.7 Monitoreo de aire**

El objetivo del monitoreo de la Calidad del Aire es determinar los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos a los que está expuesta la población y/o el biotopo y el medio ambiente físico (Bermúdez, 2010).

Se define como monitoreo atmosférico a todas las metodologías diseñadas 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. Es importante porque permite conformar una base de datos que aporte información para la realización de estudios necesarios para a) formular los estándares de calidad de aire, b) realizar investigaciones epidemiológicas que relacionen los efectos de las concentraciones de los contaminantes con los daños en la salud, c) especificar tipos y fuentes emisoras, d) llevar a cabo estrategias de control y políticas de desarrollo acordes con los ecosistemas locales, y e) desarrollar programas racionales para el manejo de la calidad del aire. (Martínez y Romieu, 1997).

### **2.3.8 Índice de Calidad del Aire (INCA)**

Es la representación y calificación del estado de la calidad del aire tomando en cuenta los conceptos ya posicionados en la población como son los colores del semáforo y del espectro de luz como el arco iris. Considerando los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA) vigentes y los Niveles de Estado de Alerta, el INCA se divide en 4 categorías. La banda de color verde significa que la calidad del aire es buena, la banda de color amarillo indica una calidad moderada del aire, la banda de color anaranjado indica que la calidad del aire es mala, finalmente el color rojo de la cuarta banda indica que la calidad del aire se encuentra en el umbral de cuidado, el cual corresponde a la aplicación de los estados de alerta por parte de la autoridad de Salud. Cada categoría corresponde a

los diferentes niveles de cuidado que se deben tener en cuenta para la protección de la Salud (MINAM, 2014).

## **2.4. Marco Normativo de Calidad Ambiental**

La Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611, establece en el Art. 118 de la Protección de la calidad del aire, que las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, adoptan medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico, a fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire, según sea el caso, actuando prioritariamente en las zonas en las que se superen los niveles de alerta por la presencia de contaminantes, debiendo aplicarse planes de contingencia para la prevención o mitigación de riesgos y daños sobre la salud y el ambiente (MINAM, 2007).

La Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley N° 28245, en su Art. 4 señala que las funciones ambientales de las entidades con competencias ambientales se ejercen en forma coordinada, descentralizada y desconcentrada con sujeción a la Política Nacional del Ambiente, el Plan y la Agenda Nacional y a las normas e instrumentos de carácter transectorial. La gestión ambiental en materia de Calidad del Aire se sustenta en estas dos leyes (MINAM, 2004).

Se debe mencionar que se tienen hitos que marcan la gestión de la calidad del aire, que se inicia con la dación del Código del Medio Ambiente, el cual es reemplazado por la Ley Marco del SNGA (MINAM, 2014).

### **2.4.1. Normas relacionadas con la gestión de la calidad del Aire.**

En el Art. 29º del Decreto Supremo N° 016-93-EM del 28.04.93 modificado por el D.S. N° 059-93-EM que aprobó el Reglamento sobre protección del medio ambiental en la actividad minero-metalúrgica se indica que los EIA enfatizarán el cumplimiento de metas respecto a calidad del aire por las emisiones gaseosas.

En el Reglamento de Protección Ambiental para las actividades de Hidrocarburos, aprobado por Decreto Supremo N° 046-93-EM, Art. 43° establece las concentraciones Máximas aceptables de Contaminantes en el Aire para: partículas, monóxido de carbono, gases ácidos, ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos.

La Resolución Ministerial N.° 315-96-EM-VMM aprobó los Niveles Máximos Permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas, para el anhídrido sulfuroso, partículas, plomo y arsénico presentes en las emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas (Anexo 1 de la norma) y en su Anexo 3, estableció los Niveles Máximos Permisibles de Calidad del Aire para SO<sub>2</sub>, partículas en suspensión, plomo y arsénico.

Mediante Resolución Suprema N° 057-97-MTC se creó la Comisión de la Calidad del Aire y retiro del Plomo en la gasolina.

El Decreto Supremo N.° 019-98-MTC dispuso eliminar del mercado la oferta de gasolina 95 RON con plomo y reducir el límite máximo de contenido de plomo en la gasolina 84 RON. El año 1998 aprobó el Decreto Supremo N° 097-98-MTC retiro del plomo en la gasolina.

Con Resolución Suprema N° 768-98-PCM estableció el Comité de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao.

Con Decreto Supremo N° 044-98-PCM se aprobó el cronograma para el establecimiento de los ECA de Aire (Programa Anual de ECA y LMP).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante Decreto Supremo N° 047-2001-MTC y sus modificatorias, estableció los Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial, para los vehículos en circulación y los nuevos. Para los primeros se consideraron LMP para el

monóxido de carbono e hidrocarburos, en tanto que, para los vehículos nuevos además del monóxido de carbono e hidrocarburos, para los óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado. Se modificó esta norma con:

Decreto Supremo N.º 007-2002-MTC

Decreto Supremo N.º 002-2003-MTC

Decreto Supremo N.º 014-2003-MTC

Decreto Supremo N.º 026-2006-MTC

Decreto Supremo N.º 017-2010-MINAM que prorrogó la suspensión del acápite II del Anexo 1 del Decreto Supremo n.º 047-2001-MTC

El 2001 se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (Decreto Supremo N.º 074-2001-PCM) que estableció niveles de concentración máxima para dióxido de azufre, material particulado menor a 10 micrómetros (PM10), monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono, plomo y sulfuro de hidrógeno. El valor anual revisado para plomo se fija en el Decreto Supremo N.º 069-2003-PCM.

Mediante Decreto Supremo N.º 033-2001-MTC estableció que está prohibida la circulación de vehículos que descarguen o emitan gases, humos o cualquier sustancia contaminante que altere la calidad del ambiente.

Con Resolución Presidencial N.º 022-2002-CONAM/PCD se aprobó las Directrices para la elaboración de los Planes de Acción para la mejora de la Calidad del Aire, denominados Planes “A limpiar el Aire”, cuya sección III fue modificada por Resolución Presidencial N.º 213-2005-CONAM/PCD.

A efectos de contar con normas técnicas para las mediciones, sean de las emisiones atmosféricas como de los niveles de calidad ambiental, tanto el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), como el Ministerio de la Producción (PRODUCE) (antes Ministerio de Industrias, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales

Internacionales-MITINCI) se desarrolló protocolos de monitoreo para emisiones atmosféricas, en tanto que el MINSA aprobó el correspondiente al monitoreo de la calidad del aire.

Mediante Resolución Directoral N.º 1404/2005/DIGESA/SA se aprobó el Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos para aplicación de la DIGESA en el marco de sus competencias como entidad encargada del monitoreo permanente de la calidad del aire.

Con Resolución Directoral N.º 280-2007-MEM-AAM se aprobó la Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad del Aire por Actividades Metalúrgicas.

Con Decreto Supremo N.º 069-2003-PCM se estableció el valor anual de concentración de plomo.

Con el Decreto Supremo N.º 009-2003-SA, modificado por el Decreto Supremo N.º 012-2005-SA se aprobó el Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del Aire, (tabla 2) como material particulado PM10, dióxido de azufre, el monóxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno.

**Tabla 2**

*Niveles de Estado de Alerta para Contaminantes Críticos*

TIPOS ALERTA	DE Material (PM10)	Particulado	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Monóxido de Carbono (CO)	Sulfuro de Hidrógeno(H <sub>2</sub> S)
Cuidado	>250 µg/m <sup>3</sup> aritmético 24 horas	prom. 3 horas	>500 µg/m <sup>3</sup> prom. móvil 3 horas	>15 000 µg/m <sup>3</sup> prom. móvil 8 horas	>1 500 µg/m <sup>3</sup> aritmético 24 horas
Peligro	>350 µg/m <sup>3</sup> aritmético 24 horas	prom. 3 horas	>1 500 µg/m <sup>3</sup> prom. móvil 3 horas	>20 000 µg/m <sup>3</sup> prom. móvil 8 horas	>3 000 µg/m <sup>3</sup> aritmético 24 horas
Emergencia	>420 µg/m <sup>3</sup> aritmético 24 horas	prom. 3 horas	>2 500 µg/m <sup>3</sup> prom. móvil 3 horas	>35 000 µg/m <sup>3</sup> prom. móvil 8 horas	>5 000 µg/m <sup>3</sup> aritmético 24 horas"

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (2005)

Con Decreto del Consejo Directivo N° 015-2005-CONAM/CD se aprobó la Directiva para la aplicación del Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacionales para Contaminación del Aire aprobado por Decreto Supremo n.° 009-2003-SA, modificado por Decreto Supremo N.° 012-2005-SA.

Consejo Directivo N.°016-2006-CONAM/CD se aprobó el Primer Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao - PISA 2005-2010, con la visión de lograr que la calidad del aire en el área metropolitana de Lima y el Callao presenten niveles aceptables de contaminantes del aire. El objetivo del plan era proteger la salud pública en el Área Metropolitana Lima-Callao.

El año 2008, con el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM se modificó el valor de 24 horas para el dióxido de azufre e incluyen nuevos valores de ECA para el benceno, los hidrocarburos totales (HT), material particulado con diámetro menor a 2,5 micras e hidrógeno sulfurado.

Mediante Decreto Supremo N° 061-2009-EM se estableció la obligación de la venta y uso de Diésel 2B con contenido máximo de 50 ppm de azufre en el diésel usado a nivel automotriz.

La Resolución Ministerial N° 339-2012-MINAM, determinó la calificación de dieciocho (18) Nuevas *Zonas de Atención Prioritaria* de calidad del aire, en el ámbito geográfico de la Cuenca Atmosférica de las provincias de Abancay, Cajamarca, Chachapoyas, Coronel Portillo, Huamanga, Huancavelica, Huánuco, Huaraz, Ica, Mariscal Nieto, Moyobamba, Puno, San Román, Tacna, Tambopata, Tarapoto, Tumbes y Utcubamba, para ser atendidas todas ellas con los Planes de Acción para la Mejora de la Calidad del Aire.

Aprobación de las respectivas Resoluciones Ministeriales (entre el 15.02 y el 04.09.2013), con el fin de conformar el Grupo Técnico denominado *Grupo de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire* (GT - GESTA Zonal de Aire) en 21 circunscripciones del país, dentro de estos grupos técnicos que estarán encargados de formular y evaluar los planes de acción para la mejora de la calidad del aire en Zonas de Atención Prioritaria: N° 044-2013-MINAM de Cajamarca;

Con Decreto Supremo N° 004-2013-MINAM se modificó el Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, que establece *Límites Máximos Permisibles* (LMP) de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial, modificados por Decreto Supremo N.° 009-2012-MINAM.

Mediante el Decreto Supremo N.° 006-2013-MINAM se aprobaron disposiciones complementarias para la aplicación del *Estándar de Calidad Ambiental* (ECA) de aire.

Con Resolución Ministerial N.° 205-2013-MINAM se estableció las *Cuencas Atmosféricas* a las cuales les será aplicable los numerales 2.2 y 2.3 del artículo 2° del Decreto Supremo N.° 006-2013-MINAM.

El Decreto Supremo N.° 006-2014-MINAM publicado el 1° de mayo de 2014, aprobó el Índice de Nocividad de Combustibles (INC) para el Período 2014-2015, establecido para procesos en donde se utilizan los combustibles exclusivamente para fines energéticos, no siendo aplicable a aquellos procesos no energéticos, en los que es necesaria la mezcla de estos combustibles con otros elementos o insumos para fabricar productos intermedios o finales.

### ***2.4.1.1 Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos (DIGESA, 2005)***

#### *2.4.1.1.1 Diseño del monitoreo.*

El diseño y planificación del monitoreo dependen de los objetivos que se desean alcanzar, la disponibilidad de recursos (económicos, humanos y tiempo), los contaminantes que se van a monitorear, la estrategia de monitoreo y el equipamiento necesario, tipo de información requerida (periodo de monitoreo), calidad de la información (exactitud, precisión, representatividad y comparabilidad) y del usuario para el que se genera la información.

#### *2.4.1.1.2 Escalas del monitoreo*

La escala del monitoreo de la calidad del aire debe ser compatible con el objetivo del monitoreo en un lugar, a una escala espacial apropiada y representativa, para así facilitar la localización física de las estaciones de monitoreo.

En la tabla 3 se observa las seis escalas de acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), que son de representatividad espacial para ubicar los sistemas de monitoreo, donde cada escala espacial se diseña para cumplir con los objetivos específicos de monitoreo. Dentro de la escala de monitoreo se ha considerado la escala regional. Que se da en un área rural.

**Tabla 3***Definición de Escalas para la Realización de Monitoreos Ambientales*

<b>Categoría de Escala</b>	<b>Definición</b>
Micro escala	Define las concentraciones en volumen de aire asociados con dimensiones de área de algunos metros hasta 100 metros.
Escala Media	Define concentraciones típicas de áreas que pueden comprender dimensiones desde 100 metros hasta 0.5 kilómetros
Escala Local	Define concentraciones en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0.5 a 4.0 kilómetros.
Escala Urbana	Define todas las condiciones de una ciudad con dimensiones en un rango de 4 a 50 kilómetros.
Escala Regional	Define generalmente un área rural de geografía razonablemente homogénea y se extiende desde decenas hasta cientos de kilómetros.
Escala Nacional o Global	Las mediciones que corresponden a esta escala representan concentraciones características de la nación o del mundo como un todo.

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (2005)

En la tabla 4 muestra la relación que existe entre los objetivos del monitoreo y las escalas de representatividad más adecuadas, teniendo en cuenta que el presente protocolo de la calidad del aire, relaciona los efectos que se da en la población con las concentraciones de dichos contaminantes en el aire.

**Tabla 4**

Relación entre Objetivos de Monitoreo y Escalas Espaciales de Representatividad

<b>Objetivos de monitoreo</b>	<b>Escalas apropiadas</b>	<b>espaciales</b>
	Micro	
Medición de altas concentraciones	Media	
	Local	
	Urbana (en ocasiones)	
Efectos en la población	Local	
	Urbana	
Impacto de fuentes	Micro	
	Media	
	Local	
General / De fondo / De base	Local	
	Regional	

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (2005)

#### 2.4.1.1.3 Selección de parámetros a monitorear

Los contaminantes atmosféricos son producidos por fuentes fijas y móviles, los cuales pueden generar problemas a lo largo de su desplazamiento y generar contaminantes secundarios (lluvia ácida u ozono). El alto costo para el monitoreo de la calidad del aire con equipos automáticos en las redes no permite monitorear todos los contaminantes que se generan, por lo que se ha considerado el grupo de los gases en el área determinada. Dichos contaminantes están indicados en el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y que pueden tener efectos adversos sobre la salud y el ambiente.

**Tabla 5***Grupo de Gases y los Parámetros Considerados para Monitoreo*

<b>Grupo</b>	<b>Parámetro</b>
Material particulado	Material particulado respirable de diámetro menor a 10 $\mu\text{m}$ (PM-10)
	Material particulado respirable de diámetro menor a 2.5 $\mu\text{m}$ (PM-2.5)
Gases	Dióxido de azufre
	Monóxido de carbono
	Dióxido de nitrógeno
	Ozono
Metales pesados	Sulfuro de hidrógeno
	Plomo
Meteorológicos	Dirección del viento
	Velocidad del viento
	Temperatura
	Humedad relativa
	Precipitación
	Radiación Solar
	Altitud
	Perfil vertical de temperatura
Nubosidad	

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (2005).

Cabe señalar, que la naturaleza de las fuentes presentes en el área proporcionará una buena fuente de cuáles contaminantes monitorear. Por ejemplo, si los vehículos son la fuente primaria de contaminantes, el  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  entre otros deberían ser monitoreadas. En lugares donde el carbón es utilizado con frecuencia, en uso doméstico o industrial, se debe monitorear el  $\text{SO}_2$ . Sin embargo, dependerá de los objetivos centrales del monitoreo y la elección de los contaminantes a monitorear. A continuación, se presenta la tabla 6 en la que se especifican los contaminantes que deben monitorearse en base a la fuente de contaminación:

**Tabla 6***Contaminantes a Monitorear en Función a las Principales Fuentes*

<b>Fuente</b>	<b>Contaminante</b>
Vehículos (tráfico intenso)	Dióxido de nitrógeno
	Monóxido de carbono
	Dióxido de azufre
	PM-10 / PM-2.5
Domicilios / consumo de leña	PM-10 / PM-2.5
	Monóxido de carbono
Industrias y domésticas / consumo de carbón	PM-10 / PM-2.5
	Dióxido de azufre
Industrias / consumo de combustible residual	PM-10 / PM-2.5
	Dióxido de azufre
Pesqueras	Sulfuro de hidrógeno; Pm
Fundición	Dióxido de azufre
Cemento	PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de carbón, residual y diésel	Dióxido de azufre
	PM-10 / PM-2.5
Generación eléctrica / consumo de gas	Dióxido de nitrógeno

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (2005)

#### 2.4.1.1.4 Frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo

El término frecuencia de monitoreo indica el número de muestras que se llevarán a cabo en un intervalo de tiempo, en un punto o en un área de muestreo.

La frecuencia del monitoreo de cada uno de los contaminantes depende de los objetivos del monitoreo y de la normativa nacional que establece los periodos de evaluación (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y Decreto Supremo N° 009-2003-SA).

Para establecer valores medios anuales se recomienda muestreos individuales con una frecuencia de 1 a 2 veces por semana, dependiendo de las concentraciones y variando el día de la semana (ejemplo: tomar muestreos cada seis días), de manera

que se tomen muestras de todos los días de la semana, de acuerdo a los objetivos del monitoreo.

Se recomienda que para los periodos de muestreo se midan concentraciones promedio de 24 horas, se realice el monitoreo anual para determinar las variaciones estacionales y los promedios anuales, se lleven a cabo muestreos diarios si se necesitan realizar comparaciones significativas a corto plazo o si las concentraciones a 24 horas serán cuantificadas confiablemente y que se realicen monitoreos con resolución horaria únicamente cuando existan condiciones de episodio de contaminación.

#### *2.4.1.1.5 Criterios para la selección de métodos*

Es recomendable elegir la técnica idónea para desarrollar los monitoreos, si se emplea un método inadecuado, demasiado sofisticado o que conduce a errores, el desempeño de la red podría ser deficiente, generar datos de poca utilidad y lo que es peor pérdida de recursos. Si bien los objetivos del monitoreo son el principal factor que se debe considerar para el diseño, también es importante tener en cuenta las limitaciones de recursos y la disponibilidad de personal calificado. Es necesario lograr un equilibrio entre los costos del equipo, la complejidad, la confiabilidad y el desempeño. Los aspectos a considerar en la selección del método de medición son los siguientes:

#### *2.4.1.1.6 Parámetros técnicos:*

- Selectividad: indica el grado por el cual un método puede determinar un contaminante sin ser interferido por otros componentes.
- Especificidad: indica el grado de interferencias en la determinación.
- Límite de detección: es la concentración mínima detectable por un sistema de medición.

- Sensibilidad: tasa o amplitud de 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 verdadero y el valor medio o medido. Depende tanto de la especificidad del método como de la exactitud de la calibración, que a su vez depende de la disponibilidad de estándares primarios y de la forma como es calibrado el equipo. Indica la ausencia de errores por predisposición o sesgo por azar.
- Precisión: Grado de acuerdo o semejanza entre los resultados de una serie de mediciones aplicando un método bajo condiciones predeterminadas y el valor medio de las observaciones.
- Calibración del instrumento: disponibilidad de gases de calibración en el mercado (estándares primarios) y a su aplicación en el sistema de muestreo, así como a la necesidad de la frecuencia de su uso.
- Gases de calibración: gases primarios o secundarios
- Tiempo de respuesta del instrumento: corresponde al tiempo necesario para que el monitor responda a una señal dada, o sea el periodo transcurrido desde la entrada del contaminante al instrumento de medición hasta la emisión del valor de la medición.

#### *2.4.1.1.7 Otros parámetros:*

- Disponibilidad de los sensores
- Resolución espacial
- Mantenimiento
- Porcentaje del 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
- Soporte

#### **2.4.2. Descripción de los diferentes métodos**

De acuerdo a la Guías de la Calidad del Aire de la OMS, los métodos de monitoreo se pueden dividir en cuatro tipos genéricos principales con diferentes costos y niveles de desempeño e incluyen a los muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos y sensores remotos.

##### **2.4.2.1. Muestreadores pasivos**

Ofrecen un método simple y eficaz en función de los costos para realizar el sondeo de la calidad del aire en un área determinada. A través de la difusión molecular a un material absorbente para contaminantes específicos, se recoge una muestra integrada durante un determinado periodo (que generalmente varía entre una semana y un mes). Los bajos costos por unidad permiten muestrear en varios puntos del área de interés, lo cual sirve para identificar los lugares críticos donde hay una alta concentración de contaminantes, como las vías principales o las fuentes de emisión, se debe tener cuidado en los procedimientos y control de la calidad seguidos en el laboratorio durante el análisis de la muestra.

##### **2.4.2.2. Muestreadores activos**

Las muestras de contaminantes se recolectan por medios físicos o químicos para su posterior análisis en el laboratorio. Por lo general, se bombea un volumen conocido de aire a través de un colector como un filtro (Muestreador activo manual) o una solución química (Muestreador activo automático) durante un determinado periodo y luego se retira para el análisis. Los sistemas de muestreo para gases, el acondicionamiento de

muestras y los procedimientos de laboratorio son factores clave que influyen en la calidad de los datos finales.

#### **2.4.2.3 Analizadores automáticos**

Pueden proporcionar mediciones de alta resolución (generalmente en promedios horarios o mejores) en un único punto para varios contaminantes como (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, MP). La muestra se analiza en línea y en tiempo real, generalmente a través de diversos métodos. Para asegurar la calidad de los datos de los analizadores automáticos, es necesario contar con procedimientos adecuados para el mantenimiento, la operación y el aseguramiento y control de calidad.

#### **2.4.2.4 Sensores remotos**

Son instrumentos desarrollados recientemente que usan técnicas espectroscópicas de larga trayectoria para medir las concentraciones de varios contaminantes en tiempo real. Los datos se obtienen mediante la integración entre el detector y una fuente de luz a lo largo de una ruta determinada. Los sistemas de monitoreo de larga trayectoria pueden cumplir un papel importante en diferentes situaciones de monitoreo, principalmente cerca de las fuentes. Para obtener datos significativos con estos sistemas, es necesario contar con procedimientos adecuados para la operación, calibración y manejo de datos. Estos métodos requieren de mucha atención en la calibración de los instrumentos y el aseguramiento de la calidad para obtener datos significativos.

#### **2.4.2.5 Ventajas y desventajas de las metodologías**

Existe una amplia variedad de métodos para la medición de contaminantes en el aire, con una amplia variación en costos y precisión. (Tabla 7) Los métodos de monitoreo que deben ser seleccionados será teniendo en cuenta los objetivos del monitoreo y el presupuesto disponible.

**Tabla 7***Ventajas y Desventajas de las Diferentes Técnicas de Monitoreo de la Calidad del Aire*

<b>Método</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Muestreadores Pasivos	Muy económicos. Muy simples. No dependen de cables de electricidad. Se pueden colocar en números muy grandes Útiles para sondeos, mapeos y estudios de línea de base.	No ha sido probado para algunos contaminantes. Sólo suministran promedios mensuales y semanales. Requieren mano de obra intensiva para su funcionamiento y el consiguiente análisis. No existe un método de referencia para monitorear el cumplimiento. Lenta generación de datos.
Muestreadores Activos	Económicos. De fácil manejo. Operación y rendimiento confiables. Cuentan con base de datos históricos.	Suministran promedios diarios. Requieren mano de obra intensiva para la recolección y análisis de muestras. Requieren análisis de laboratorio.
Analizadores Automáticos	Han sido debidamente probados. Alto rendimiento. Datos horarios. Información en línea.	Sofisticados. Costosos. Demandan alta calificación. Altos costos recurrentes.
Sensores Remotos	Función de la ruta y del rango de concentración. Útiles cerca de fuentes Mediciones de componentes múltiples.	Muy sofisticados y costosos. Soporte, operación, calibración Validaciones difíciles. No comparable con mediciones puntuales Visibilidad atmosférica e interferencia

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (2005)

## **2.4.3 Factores para la operación**

### ***2.4.3.1 Precisión y confiabilidad***

Métodos instrumentales de alta precisión: Proveen registros continuos de niveles de contaminantes en periodos extensos (semanas o meses) con una mínima intervención del operador, y tiene un alto grado de precisión en la medición. Como se espera, estos son los métodos de monitoreo más costosos y requieren de una apropiada calibración y operación para asegurar que se alcance una alta precisión.

Métodos instrumentales de menor precisión: Son usualmente más económicos que los monitores de alta precisión. Sin embargo, requieren la verificación de su operación con mayor frecuencia, y la precisión de la medición está en el orden del nivel de fondo típico.

Métodos manuales para particulados: Generan resultados para un periodo, típicamente de 24 horas. La mayoría de sistemas requieren cambios manuales del filtro de muestreo para cada muestra, aunque también hay disponibles algunos sistemas semi automáticos.

Métodos de monitoreo activo: Usados para una gran variedad de contaminantes gaseosos. Estos requieren la intervención del operador de manera regular y sólo producen resultados para un periodo, típicamente de 24 horas. La precisión y los métodos algunas veces están sujetos a interferencias por parte de otros contaminantes.

Métodos de monitoreo pasivo: Son métodos económicos y efectivos para la clasificación de áreas con niveles de contaminación bajo, medio o alto, basado en muestreo a largo plazo (usualmente semanal o mensual). No reportan niveles de contaminación en el corto plazo. Es la opción de monitoreo más económica.

De los métodos descritos anteriormente, recomiendan utilizar los métodos instrumentales de alta precisión. Estos métodos pueden ser usados también en

investigaciones donde se requiera entender las vías en las cuales fluctúan los niveles de los contaminantes para un periodo corto (horas o días). Si los niveles de contaminación son bajos, entonces estos métodos podrían ser usados para inspecciones durante los años siguientes. Los monitores pasivos deben ser usados para inspecciones amplias. Esto se realiza para confirmar que no se requieren monitoreos en detalle de un área en particular debido a los niveles de contaminación bajos que se encuentren. También pueden aplicarse para priorizar el número de áreas que deben ser seleccionadas para programas de monitoreo detallado.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Unidad de análisis.

La unidad de análisis de esta investigación, está constituida por la cuenca del río Chotano en la carretera Chota- Cochabamba (Cajamarca-Perú) a lo largo de 52 km lineales, en la construcción de la Carretera Chota- Cochabamba – Cajamarca.

La selección de los sitios de monitoreo y ubicación de los equipos requeridos se realiza teniendo en cuenta criterios como: Densidad demográfica, usos del suelo, dirección del viento, tipos y características de las fuentes más importantes del sector y los objetivos del estudio.

#### 3.1. Localización del estudio.

Chota es una de las trece provincias que conforman el Departamento de Cajamarca, bajo la administración del Gobierno Regional de Cajamarca, ubicado en la parte Norte central del Perú. Limita por el norte con la provincia de Cutervo; por el este con las provincias de Utcubamba y de Luya; por el sur con las provincias de Hualgayoc y Santa Cruz; y por el oeste con las provincias de Chiclayo y Ferreñafe.

Tiene una altitud de 2408 m.s.n.m., tiene por coordenadas UTM las siguientes: por el Norte: 9274112, por el Este: 759908. Chota tiene una extensión de 3 795,10 km<sup>2</sup>.

La mayor parte del territorio es de clima variado; sin embargo, en las partes más bajas como el Valle Doñana, el clima es templado y en las partes altas como la Palma es un clima templado frío; las épocas de lluvia son de noviembre a abril, y sus épocas de sequía de mayo a octubre. Su temperatura promedio es de 17,8 °C.

### 3.1.1 Ubicación

La ciudad de Chota, Cochabamba y Lajas, se ubican al norte del Perú, estos distritos limitan con Chugur, Bambamarca, Cochan, etc.

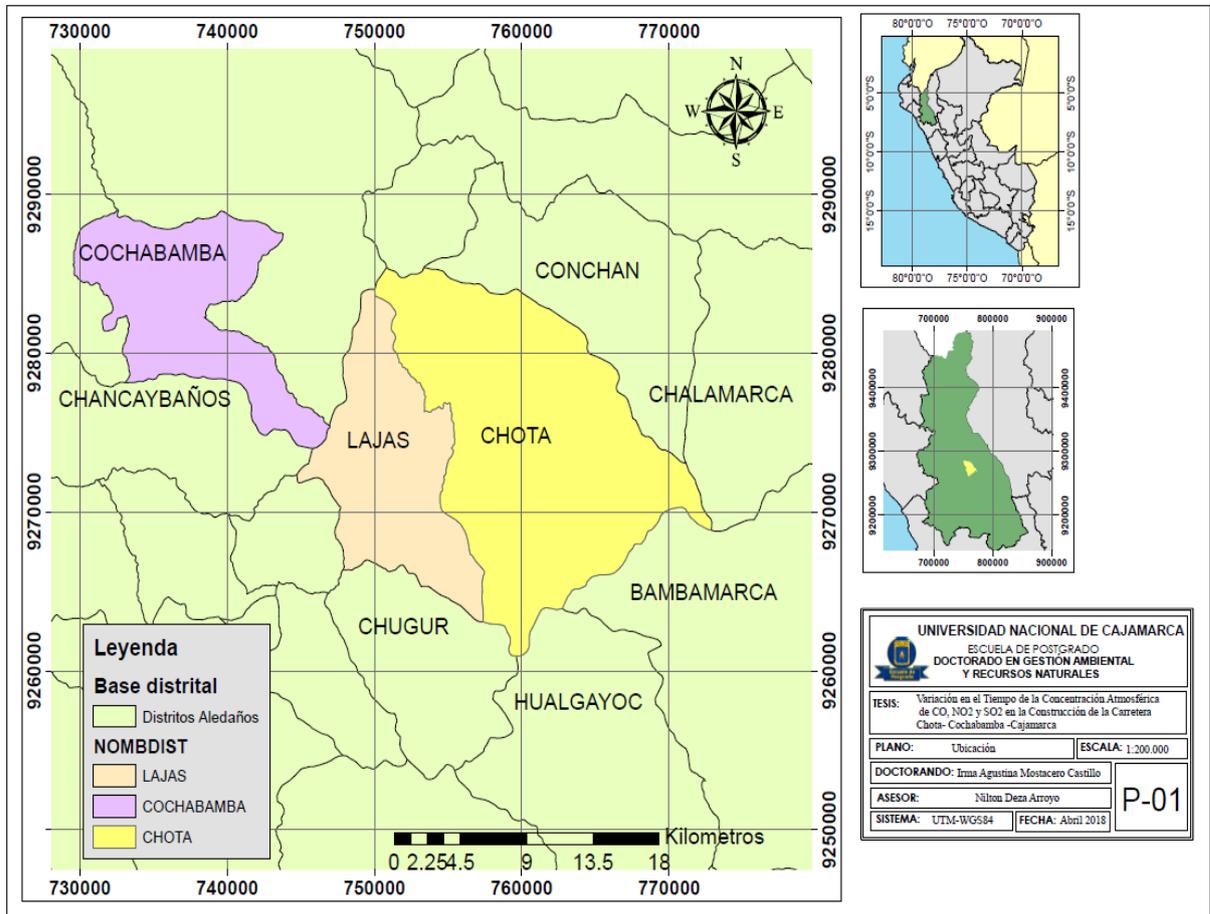


Figura 4. Ubicación política del área del estudio. La ubicación geográfica está delimitada espacialmente por las siguientes coordenadas UTM, en el sistema WGS – 84.

Tabla 8.

Coordenadas de la Ubicación Geográfica del Área de Estudio

VÉRTICES	ESTE	NORTE
V1	730000	9260000
V2	730000	9290000
V3	770000	9290000
V4	770000	9250000

Fuente: Elaborada por el autor

### 3.1.2 Ubicación Hidrológica

El plano hidrológico que se presenta a continuación, nos permite tener una visión más amplia y general de la hidrología de la zona de estudio.

La zona de estudio principalmente se encuentra dentro del margen del río Chotano, el cual discurre en dirección SE a NW, en su trayectoria discurre desde Chota, pasando por la ciudad de Lajas y Cochabamba respectivamente. El río Chotano tiene muchos ríos tributarios como son: Viscamayo, Doñana, Pingomayo, Colpamayo, Lopezmayo, San Miguel, entre otros y también tiene ríos que desemboca y dan lugar a nuevos ríos con caudales menores como son: Saly, Tondoran, El Rejo, Vejalan, Sexepampa, El Sepo, entre otros, estos caudales son aprovechados en general para la agricultura y ganadería en la zona.

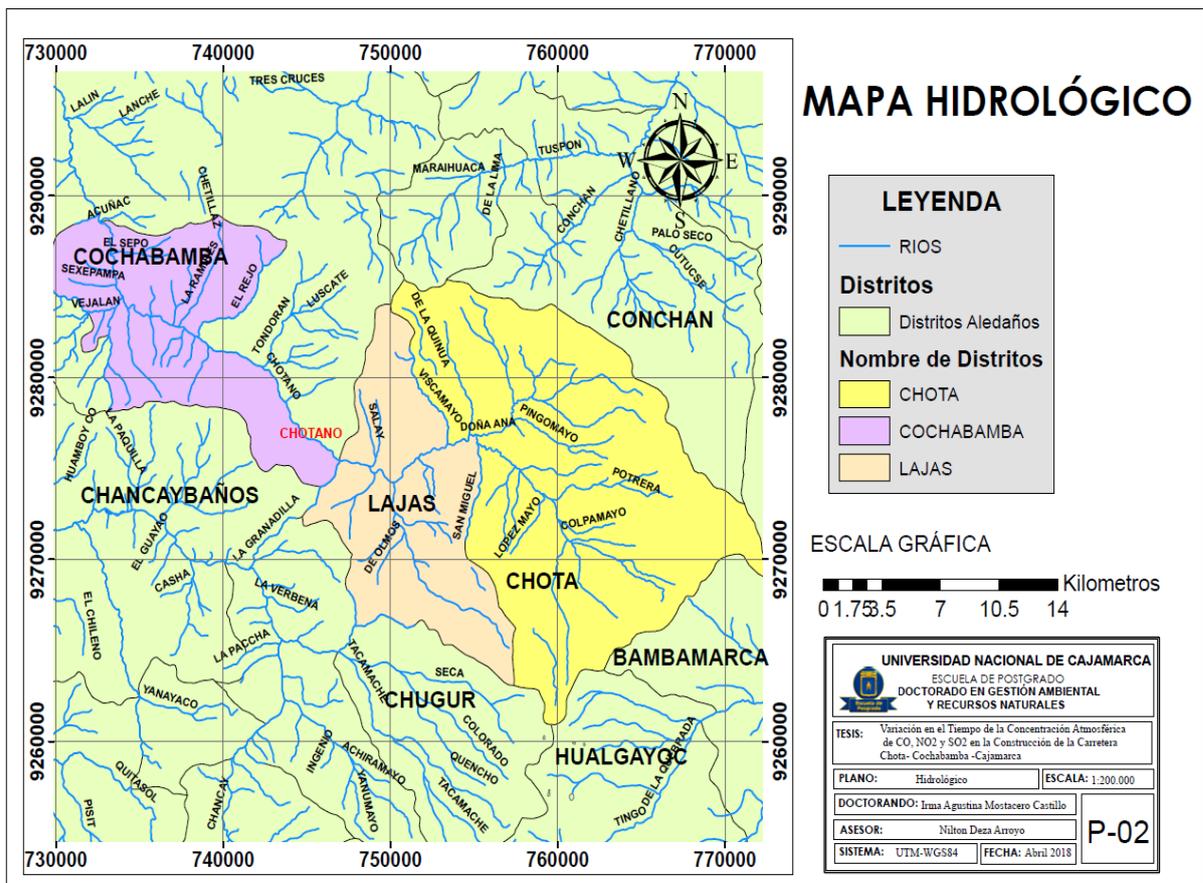


Figura 5. Ubicación hidrológica del área de estudio

### 3.1.3 Ubicación topográfica

En cuanto a la ubicación topográfica dentro de la zona de estudio y específicamente en los puntos monitoreados, nos permite tener una mejor visión en cuanto a la altitud y relieve de la zona, la geomorfología que está presente en nuestra zona de estudio se encuentra entre altitudes de 1500 metros sobre el nivel del mar en Cochabamba, hasta altitudes de 2800 metros sobre el nivel del mar en la ciudad de Chota.

En el mapa topográfico presentado a continuación permite tener un panorama general de la altitud mediante las curvas de nivel que se detallan en el mismo.

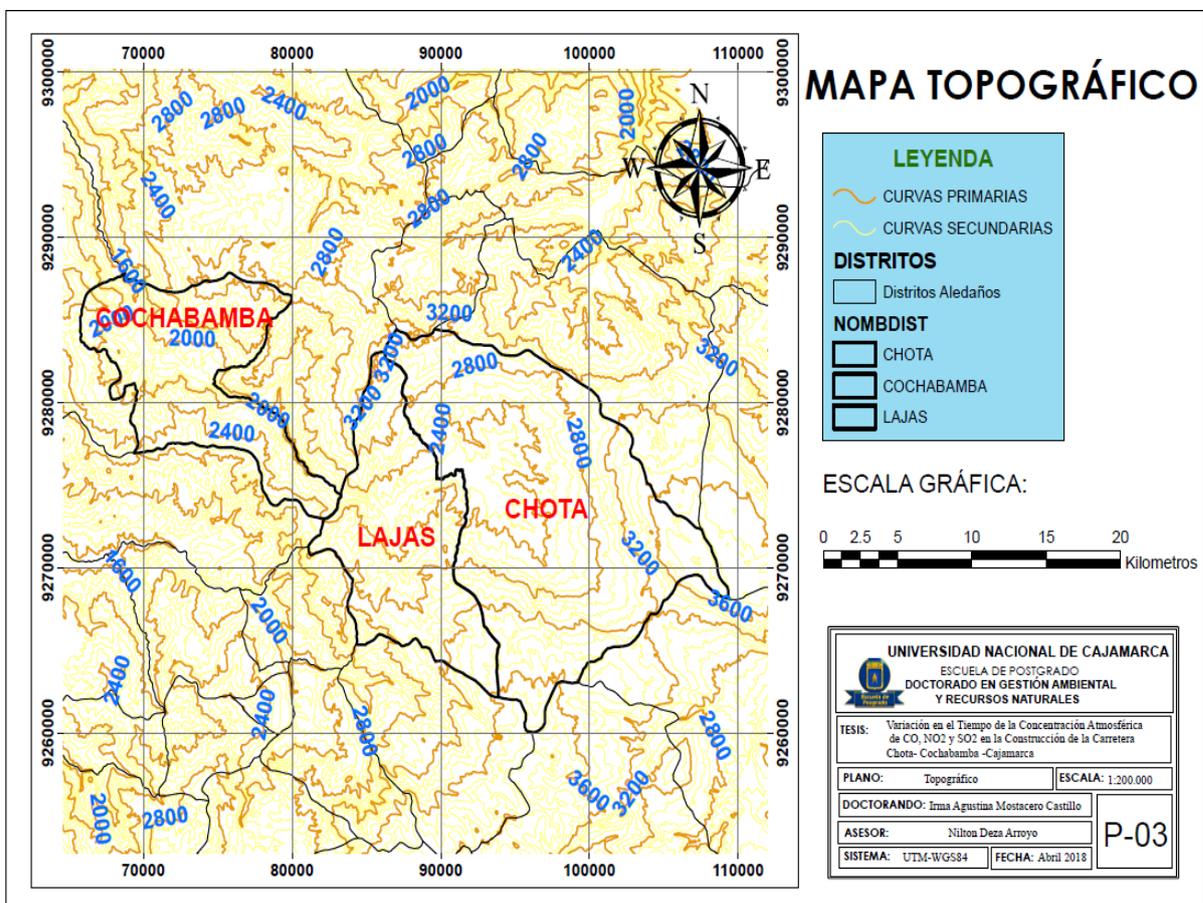


Figura 6. Ubicación Topográfica del Área de Estudio.

**Tabla 9***Ubicación Geográfica de los Puntos de Monitoreo*

PUNTOS DE MONITOREO	CÓDIGO DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUD DE LOS PUNTOS DE MONITOREO (m.s.n.m)
		NORTE	ESTE	
CHANCADORA DOÑANA	CD-1	9276850	755446	2228
PLAZA DE ARMAS DE LAJAS	PL-2	9274278	7504495	2147
CHANCADORA AJIPAMPA	CA-3	9275660	748277	2082
CANTERA EL MOLINO	CM-4	9283697	735797	1715
PLAZA DE ARMAS COCHABAMBA	PC-5	9283782	733942	1683

*Fuente:* Elaborada por el autor

Se presentan los puntos de monitoreo detallando las coordenadas geográficas en el sistema UTM GS-84, y la altitud de cada punto de monitoreo en la construcción de la carretera Chota-Cochabamba.

### **3.2. Diseño Metodológico**

#### **3.2.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es Descriptiva-Analítica.

#### **3.2.2. Población**

Emisiones de gases muestreadas: Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) que se encuentra a lo largo de los 52 km lineales de la carretera Chota- Cochabamba- Cajamarca.

#### **3.2.3. Muestra**

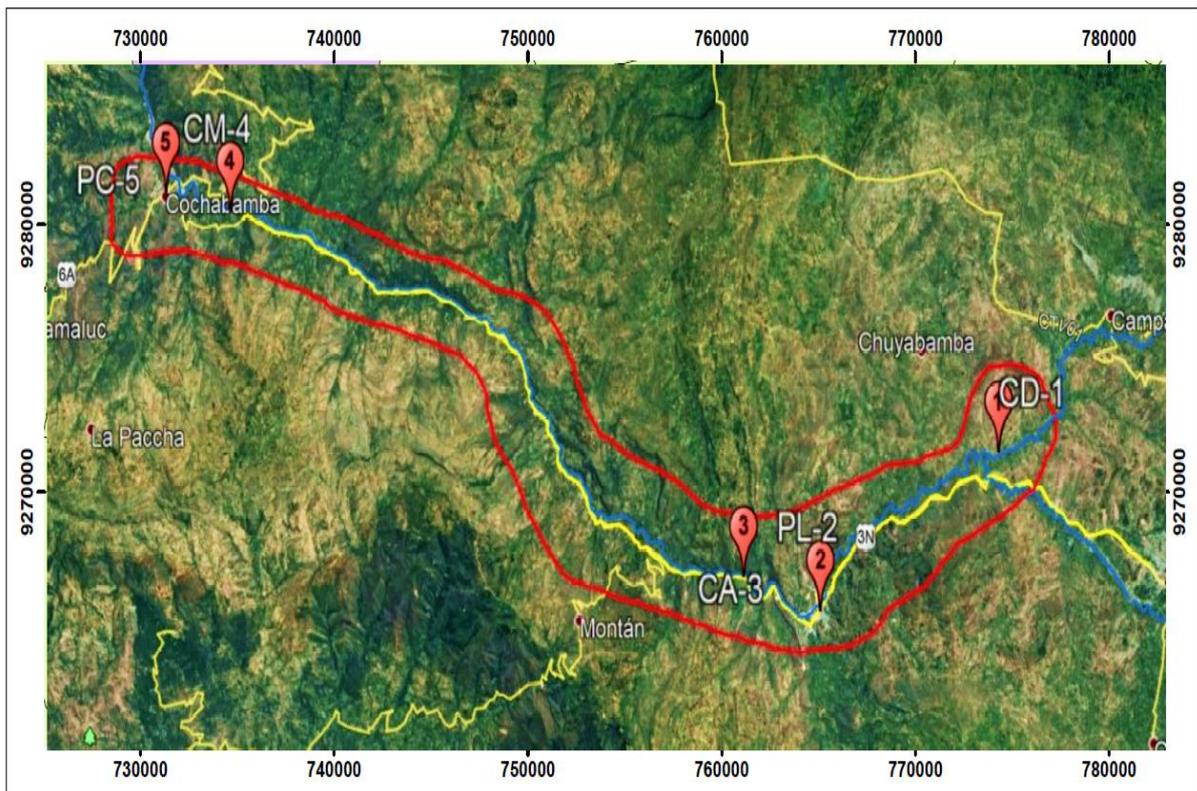
Las muestras de investigación, están representadas por muestras de la atmósfera durante 12 horas continuas con intervalos de 5 minutos, tomadas en cinco puntos de monitoreo:

**Tabla 10**

*Puntos de Monitoreo y Distancia en Relación a la Ciudad de Chota*

N°	Punto de monitoreo	Ubicación
1	Chancadora Doñana	Ubicada a 7km de la ciudad de Chota
2	Plaza de Armas de Lajas	Ubicada a 12 km de Chota
3	Chancadora Ajipampa	Ubicada a 25 km de la ciudad de Chota
4	Cantera el Molino	Ubicada a 47 km de la ciudad de Chota
5	Plaza de Armas de Cochabamba	Ubicada a 50 km de Chota

En la figura 7, se presentan los cinco puntos de monitoreo desde la Cantera Doñana (el primer punto de monitoreo) hasta la Plaza de Armas de Cochabamba (quinto y último punto)



*Figura 7. Ubicación Geográfica de los 5 Puntos de Monitoreo*

### **3.2.4. Descripción del diseño**

#### ***3.2.4.1 Metodología de campo***

Se realizaron 2 monitoreos en el año 2012, en los meses abril y diciembre y 3 monitoreos en el año 2013, en los meses de abril, octubre y diciembre, teniendo en cuenta la época de lluvia y estiaje y los meses de mayor actividad en la construcción de la carretera Chota- Cochabamba. De cada punto de monitoreo se muestreó durante 12 horas continuas desde las 7am hasta las 6pm con intervalos de 5 minutos. Se utilizó un equipo de alta sensibilidad, calibrado y certificado, modelo AEROQUAL S200, dicho equipo es un instrumento con un flujo de 0,1 CFM y un antifaz pantalla táctil, incluye sensores incorporados y una batería de litio de larga duración de 8 a 10 horas de funcionamiento continuo, la cual se cambió para cumplir con las horas planificadas.

#### ***3.2.4.2 Metodología de gabinete***

Procesamiento de la data obtenida en campo de los monitoreos respectivos. Procesamiento e interpretación de los resultados, donde se elaboran los cuadros y gráficos respectivos, según las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente.

### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La selección de los sitios de monitoreo y ubicación de los equipos requeridos se realizó de acuerdo a los puntos de ubicación de las canteras, centros de acopio de material por el proyecto, traslado de los agregados y recorrido de la maquinaria pesada en el transporte del material a lo largo de la construcción de la carretera , teniendo en cuenta criterios como: Densidad demográfica, usos del suelo, dirección del viento, tipos y características de las fuentes más importantes del sector y los objetivos del estudio, proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

### **3.3.1 Análisis de información secundaria:**

El estudio se realiza utilizando los registros meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), en los años 2012 y 2013.

## **3.4 Materiales y métodos**

### **3.4.1 Materiales**

Los equipos y materiales que se utilizan en el presente estudio de investigación son los siguientes:

#### **3.4.1.1 Campo**

- GPS Map 76CSx
- Registro de SENAMHI
- Registro de ECA
- Plano.
- Cámara digital
- Imagen satelital
- Trípode
- Conos de seguridad.
- Pilas y cargadores eléctricos
- Electrodo analítico de gases.
- Medidor de calidad de aire S200: AEROQUAL con un flujo de 0.1 CFM y un antifaz pantalla táctil.

#### **3.4.1.2 Materiales de gabinete**

- Laptop para procesar datos
- Calculadora

- Tablet
- Impresora

### **3.5 Equipo**

Se ha seleccionado un instrumento S200: AEROQUAL con un flujo de 0.1 CFM y un antifaz pantalla táctil) que es medidor de calidad de aire, el cual es válido, confiable y debidamente certificado.

El detector de gases Aeroqual S200, es un medidor muy preciso para la medición de concentraciones de gases en el aire. Este detector de gases se intercambia los cabezales para detectar los diferentes tipos de gases, que son identificados automáticamente al conectar el cabezal al aparato. La utilización del detector de gases Aeroqual es durante los trabajos de construcción para detectar los gases emitidos en el movimiento de tierras, chancado de agregados, movimiento del pool de maquinaria entre otros. También en los trabajos de limpieza, de desinfección y de desgerminación que se realizan en piscinas, instalaciones de tratamiento de agua o después de incendios forestales o daños causados por el agua.

Gracias a la tecnología de los sensores GSS, el detector de gases Aeroqual tiene una alta precisión, así como una larga duración de los sensores. Cada sensor determina la concentración de los gases como CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>. El registro de los datos se almacena en la memoria interna para luego transferirlo a un PC a través del puerto USB.

Gracias al manejo sencillo puede ajustar en muy poco tiempo los valores límite de alarma para avisos acústicos u ópticos. En la pantalla LCD indica los valores de medición en unidades de ppm o mg/m<sup>3</sup>.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, se presentan los resultados obtenidos mediante tablas y figuras, así mismo la interpretación de los gases monitoreados, Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), en los cinco puntos de monitoreo, del área de estudio. Enfatizando lo propuesto por Celis et al. (2007), quien menciona la importancia de realizar el muestreo de la calidad de aire de manera frecuente en un intervalo de 3 a 4 horas, razón por la cual se hizo el monitoreo cada 5 minutos durante doce horas continuas obteniendo un promedio de cada uno de los gases en las zonas monitoreadas, a la vez se determinaron los episodios de concentración de dichos gases y considerando las variables meteorológicas.

El primer monitoreo se realizó en la Chancadora Doñana (CD-1), porque en este punto se almacenaba y procesaba el agregado, generando la liberación de gases, por el funcionamiento de dicha maquinaria y equipos, el segundo punto de monitoreo se llevó a cabo en la Plaza de Armas de Lajas (PL-2), para determinar la liberación de dichos gases, debido al transporte de maquinaria pesada y demás vehículos, el tercer punto de monitoreo se realizó en la Chancadora Ajipampa (CA-3) , porque en dicho punto se depositaba el agregado extraído del río Chotano que luego se procesaba de acuerdo a su granulometría para utilización en la construcción de la carretera, el cuarto punto se realizó en la Cantera el Molino (CM-4), que servía para almacenar el agregado y posteriormente trasladado a la Chancadora Ajipampa para su proceso y el quinto punto se realizó en la Plaza de Armas de Cochabamba (PC-5), para determinar la liberación de gases, debido al transporte vehicular.

Dicho monitoreo se realizó de acuerdo al Protocolo de monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de Datos, publicados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). (DIGESA,2005)

Se realizó la comparación de las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), con los “Estándares Nacionales de Calidad del Aire”. (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).

**Tabla 11**

*Concentración Promedio de Gases Monitoreados en cada uno de los Puntos de Muestreo del Rio Chotano – Provincia de Chota – Cajamarca*

CODIGO	UNIDAD	D.S N003-2017			Abr-12			Dic-12			Abr-13			Oct-13			Dic-13		
		CO	NO2	SO2	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
CD-1					38.21	18.63	30.48	2505.50	48.33	86.92	813.86	50.06	59.25	1423.13	128.58	10.46	1499.61	127.36	10.09
PL-2					34.00	12.13	8.38	1669.17	45.00	112.50	2461.25	45.54	28.63	4054.77	70.07	21.22	4085.75	70.225	22.37
CA-3	µg/m <sup>3</sup>	30000	200	250	36.90	46.78	102.68	3286.67	58.83	56.67	2442.50	54.01	153.41	4161.01	62.11	22.68	5383.78	51.58	25.64
CM-4					33.78	12.13	5.07	3648.24	51.68	77.86	64.13	59.40	134.15	1024.7	54.41	24.44	801.37	52.57	27.21
PC-5					35.15	11.01	28.63	4113.33	48.25	60.00	37.94	45.76	63.25	3714.82	69.34	28.03	3354.85	66.25	29.04

*Fuente:* Elaborada por el autor

Para facilitar la interpretación de los valores encontrados en todos los puntos de monitoreo del rio Chotano, provincia de Chota – Cajamarca, presentados en la tabla 11, también se muestran mediante las siguientes tablas y figuras.

Donde:

- CD-1: Chancadora Doñana
- PL-2: Plaza de armas de Lajas
- CA-3: Chancadora Ajipampa
  
- CM-4: Cantera el Molino
- PC-5: Plaza de Armas de Cochabamba

## 4.1.1 Resultados según el gas monitoreado

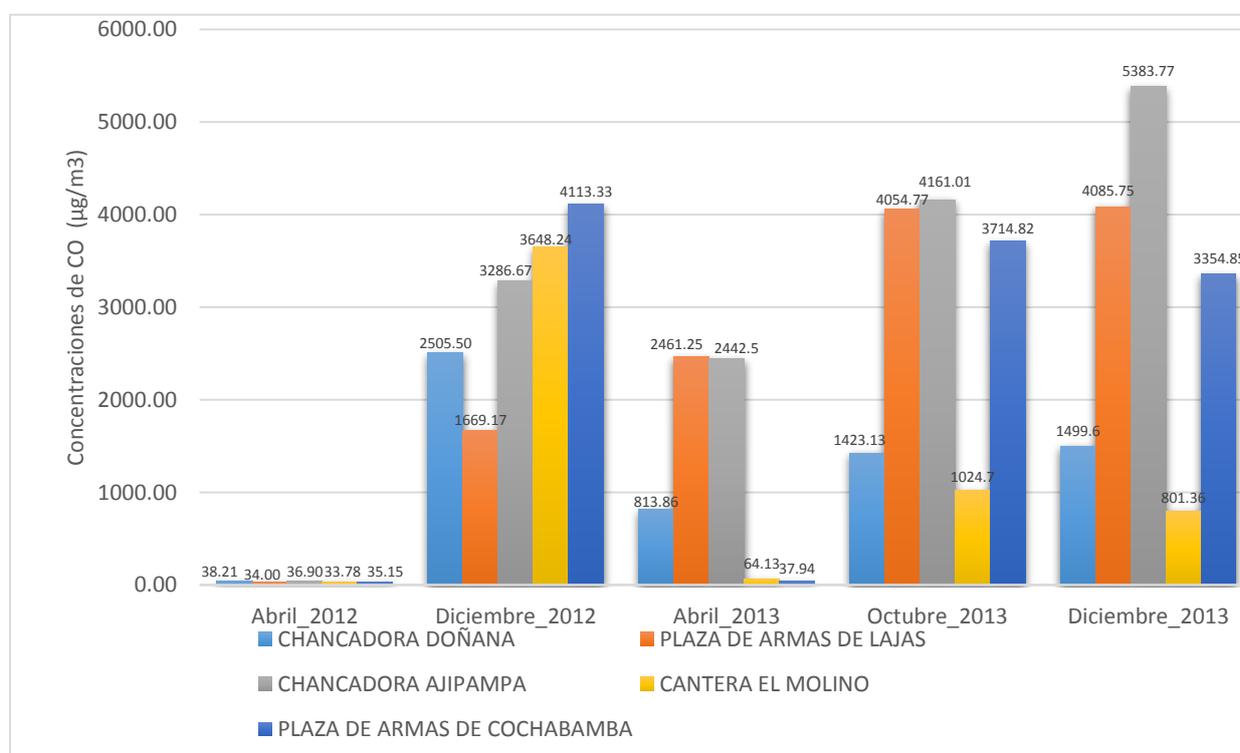
### 4.1.1.1 Monóxido de Carbono (CO)

**Tabla 12**

*Concentración Promedio del Monóxido de Carbono en los Cinco Puntos de Monitoreo en los Meses Monitoreados*

CÓDIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentración de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
	Norte	Este		Abr 2012	Dic 2012	Abr 2013	Oct 2013	Dic 2013
CD-1	9276850	755446	2228	38.21	2505.50	813.86	1423.13	1499.6
PL-2	9274278	7504495	2147	34.00	1669.17	2461.25	4054.77	4085.75
CA-3	9275660	748277	2082	36.90	3286.67	2442.5	4161.01	5383.77
CM-4	9283697	735797	1715	33.78	3648.24	64.13	1024.7	801.36
PC-5	9283782	733942	1683	35.15	4113.33	37.94	3714.82	3354.85

Los valores del CO, según el ECA es:  $30000\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



*Figura 8. Valores de la Concentración de Monóxido de Carbono en los Cinco Meses de Monitoreo. Dichos promedios no superan los Estándares del ECA, según el D.S. N° 003-2017.*

En abril 2012, se inició la construcción de la Carretera Chota-Cochabamba en Cajamarca, donde se consideró cinco puntos de monitoreo de los gases Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), que fueron registrados con códigos según la tabla 11, teniendo en cuenta la época de lluvia y estiaje y los meses de mayor actividad en la construcción de la carretera Chota- Cochabamba.

Los resultados del CO, en los años 2012 y 2013 en los cinco puntos de monitoreo del río Chotano, provincia de Chota, se detallan en la tabla 12 y figura 8, el valor máximo promedio del Monóxido de Carbono (CO), fue 5383.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto de monitoreo Chancadora Ajipampa (CA-3), en el mes de diciembre de 2013, debido al movimiento de maquinaria pesada, al trasladar el agregado a las zonas de construcción de la carretera Chota- Cochabamba extraídos del río Chotano y al chancado y triturado del agregado de acuerdo a su granulometría durante doce horas. Asimismo; al mantenimiento y reparación de los equipos diésel utilizados en estas actividades. También se consideró los datos meteorológicos según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) –Chota, cuyos valores fueron, una temperatura promedio de 16°C, velocidad y dirección de vientos 4 m/s y precipitación de 17.1 mm. Pero como manifiesta Saavedra (2014), que el Monóxido de Carbono CO, es tóxico para todos los seres vivos, pero no constituye riesgo en cuanto las emisiones se liberen al aire libre.

El valor mínimo promedio de CO fue de 33.78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto de monitoreo Cantera el Molino (CM-4), en el mes de abril de 2012, debido a que el movimiento de transporte vehicular era mínimo y dicha cantera estaba en proceso de construcción, además no se extraía agregado del río Chotano; la velocidad de los vientos fue de 4m/s; una temperatura promedio 15°C y una ligera precipitación, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. SENAMHI–Chota. Como manifiesta el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2012), la contaminación atmosférica

es el fenómeno de acumulación de contaminantes en el aire en un tiempo determinado como el resultado de actividades humanas o procesos naturales, causando molestias o daños a la salud de las personas o seres vivos.

Los resultados obtenidos coinciden con lo planteado por Ñaña (2014), al determinar que los valores máximos de Monóxido de Carbono (CO), en la sierra, se producen durante el periodo de invierno y los valores mínimos de mayo a julio.

Según Berzosa (2013), manifiesta que el elemento responsable de la mayor parte de emisiones de Monóxido de Carbono (CO), es la maquinaria en obra, coincidimos en este aspecto por los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, este resultado contrasta con otros estudios como el de Park et al., (2003) y Suscón (2006), donde predomina que las emisiones están asociadas a los materiales utilizados. Este dato, a pesar de contradecir a la mayor parte de estudios, es coherente con la importancia del movimiento de tierras en el trabajo de investigación. Los sistemas naturales, no considerados por ningún otro estudio, salvo Melanta (2010), que manifiesta que son más importantes en nuestro caso que la maquinaria de transporte, hecho que justifica plenamente su inclusión.

Sin embargo, el resultado máximo obtenido, no supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que es de  $30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  según el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, vigente, pero se debe tener mantener en alerta, porque representa un porcentaje de 17.94%.

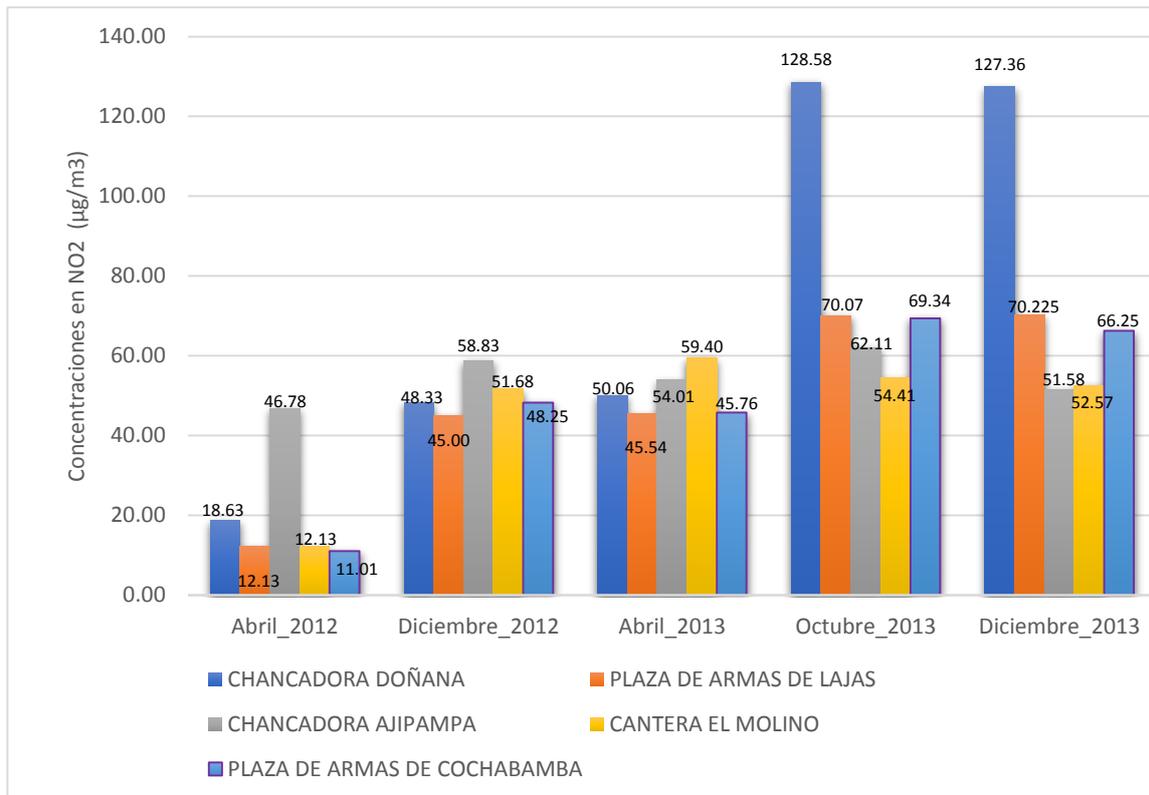
#### 4.1.1.2 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

**Tabla 13**

*Concentración Promedio del Dióxido de Nitrógeno en los Cinco Puntos de Monitoreo en los Meses Monitoreados*

CÓDIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentración de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				
	Norte	Este		Abr 2012	Dic 2012	Abr 2013	Oct 2013	Dic 2013
CD-1	9276850	755446	2228	18.63	48.33	50.06	128.58	127.36
PL-2	9274278	7504495	2147	12.13	45.00	45.54	70.07	70.225
CA-3	9275660	748277	2082	46.78	58.83	54.01	62.11	51.58
CM-4	9283697	735797	1715	12.13	51.68	59.40	54.41	52.57
PC-5	9283782	733942	1683	11.01	48.25	45.76	69.34	66.25

Los valores del NO<sub>2</sub>, según el ECA es: 200µg/m<sup>3</sup>.



*Figura 9. Valores de la Concentración de Dióxido de Nitrógeno en los Cinco Puntos de Monitoreo. Dichos promedios no superan los Estándares del ECA, según el D.S. N° 003-2017.*

Los resultados del Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), en los años 2012 y 2013 en los cinco puntos de monitoreo del río Chotano, provincia de Chota, Se detallan en la tabla 13 y figura 9, el valor máximo promedio del Dióxido de Nitrógeno fue  $128.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en octubre 2013 en el punto de monitoreo Chancadora Doñana (CD-1), este punto de monitoreo era el centro de acopio y distribución de agregado de acuerdo a su granulometría a las zonas de construcción de la carretera Chota- Cochabamba. Según datos meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) –Chota, vigente, informa que la temperatura promedio fue de  $17^\circ\text{C}$  y la velocidad del viento es  $6 \text{ m/s.}$ , con mínima precipitación. Destacando lo propuesto por Erazo (2016), sobre el Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), que la mayor concentración se da en donde existe mayor tránsito de vehículos pesados a diésel. El valor mínimo promedio fue de  $11.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en abril 2012 en el punto de monitoreo Plaza de Armas de Cochabamba (PC-5), el movimiento de transporte vehicular era mínimo en las horas de monitoreo y solamente se generaba las actividades propias de la ciudad. Teniendo en cuenta el valor mínimo obtenido, coincidimos con Green (2004), que el Dióxido de Nitrógeno es parte de un grupo de contaminantes que se producen por el transporte, industria y la quema de combustibles fósiles. Pero los valores máximos y mínimos obtenidos no superan los límites máximos permisibles según los Estándares de Calidad Ambiental que es de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecidos por el Ministerio del Ambiente según Decreto Supremo N° 003:2017-MINAM. Vigente.

En general, hay que destacar lo planteado por Vera (2004), quien manifiesta que el Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), es uno de los gases que proceden de la combustión de los motores Diésel, aportando el 100% de productos contaminantes con otros gases como el Monóxido de Carbono (CO) y el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Es importante mencionar lo planteado por Querol (2010), quien describe que entre las emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes del tráfico rodado y de otros motores estacionarios destacan las emisiones de los motores diésel. En nuestros días, la tecnología diésel está sufriendo una transformación importante para dar respuesta a las demandas ambientales. Así, la industria del automóvil ha realizado un gran esfuerzo para llegar a poder cumplir los nuevos límites de emisión de contaminantes atmosféricos; sin embargo, el gran incremento del parque de vehículos, la dieselización de dicho parque y la masificación urbana con tráfico muy denso no han permitido reflejar dicho esfuerzo en un incremento notorio de calidad del aire en lo referente a partículas en suspensión ni en lo referente a Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Si analizamos el valor máximo obtenido de 128.58 µg/m<sup>3</sup> de este gas, corresponde al 64.29% del ECA según el Decreto Supremo 003-2017 MINAM vigente, lo que indica que se debe tener en cuenta porque la acumulación de este gas, su baja densidad y en contacto con el agua de la atmósfera genera las lluvias ácidas que afecta a la agricultura y la ganadería de la cuenca del río Chotano.

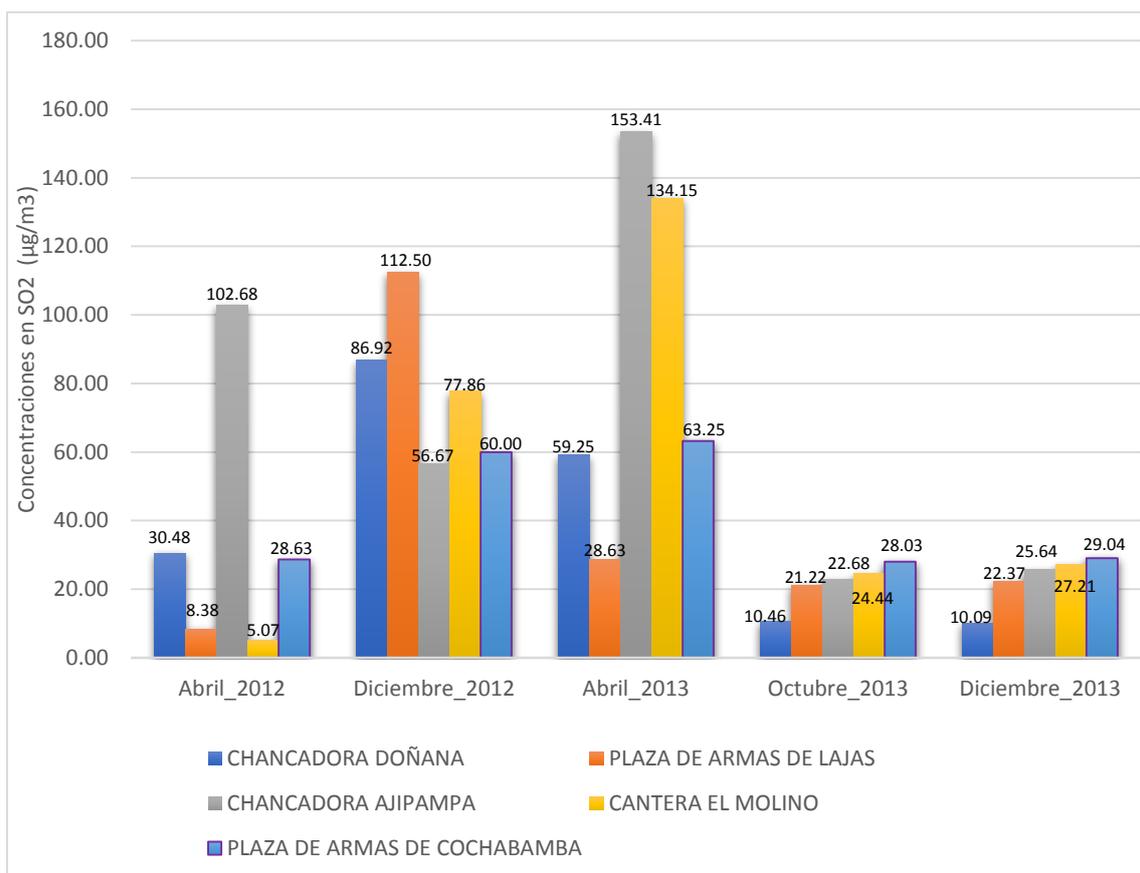
### 4.1.1.3 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

**Tabla 14**

*Concentración Promedio del Dióxido de Azufre en los Cinco Puntos de Monitoreo en los Meses Monitoreados*

CÓDIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentración de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				
	Norte	Este		Abr 2012	Dic 2012	Abr 2013	Oct 2013	Dic 2013
CD-1	9276850	755446	2228	30.48	86.92	59.25	10.46	10.09
PL-2	9274278	7504495	2147	8.38	112.50	28.63	21.22	22.37
CA-3	9275660	748277	2082	102.68	56.67	153.41	22.68	25.64
CM-4	9283697	735797	1715	5.07	77.86	134.15	24.44	27.21
PC-5	9283782	733942	1683	28.63	60.00	63.25	28.03	29.04

Los valores del SO<sub>2</sub>, según el ECA es: 250µg/m<sup>3</sup>.



*Figura 10.* Valores de la Concentración de Dióxido de Azufre en los Cinco Meses de Monitoreo. Dichos promedios no superan los Estándares del ECA, según el D.S. N° 003-2017

Los resultados del Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), en los años 2012 y 2013 en los cinco puntos de monitoreo del río Chotano, provincia de Chota, se detallan en la tabla 14 y figura 10, el valor máximo promedio del Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) es  $153.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en abril 2013 en el punto de monitoreo Chancadora Ajipampa (CA-3), considerando la velocidad del viento  $4 \text{ m/s}$  y las temperaturas, mínima de  $8^\circ\text{C}$  y la máxima  $22^\circ\text{C}$  según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)-Chota; es posible al movimiento de maquinaria pesada por la acumulación y transporte del agregado extraído del río Chotano y triturado de este agregado de acuerdo a su granulometría para luego ser transportado a las zonas de construcción y asfaltado de la carretera Chota- Cochabamba. Además, se realizaba el mantenimiento de los equipos diésel, porque constituía el taller de mecánica central y acopio de los equipos motorizados de la empresa.

Teniendo en cuenta los datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)-Chota reportó una temperatura promedio de  $17^\circ\text{C}$ , con una velocidad de viento de  $2 \text{ m/s}$  y una precipitación de  $16 \text{ mm}$ . Es importante mencionar a Enshassi et al. (2014), manifiestan que el sector construcción en el Perú tiene impactos directos e indirectos sobre el ambiente como el aire, dichos impactos estarían generando riesgos ambientales y masivos a los ecosistemas, salud pública entre otros. El valor mínimo promedio es de  $5.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el punto de monitoreo Cantera el Molino (CM-4), en abril 2012, es posible a que no había movimiento de transporte vehicular porque estaba en proceso de construcción.

En general, el Ministerio del Ambiente (MINAM) (2016), determina que más del 50% de las emisiones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), provienen de actividades antropogénicas, particularmente por la combustión de las fuentes móviles, como en este caso el movimiento del pool de maquinaria y utilizando diésel como combustible,

exposiciones en periodos cortos a altas concentraciones pueden producir en la población vulnerable afecciones respiratorias.

Como manifiesta MINAM (2013), el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas incoloro y no inflamable, y que tiene una vida media en la atmósfera corta de 2 a 4 días, donde casi la mitad de las emisiones vuelven a depositarse en la superficie, mientras que el resto reacciona con el aire y la humedad formando la lluvia ácida y sales como los sulfitos y los bisulfitos.

Es necesario también mencionar al Ministerio del Ambiente MINAM (2013), que en su monitoreo de la calidad de aire en diversas ciudades como Cajamarca, demostraron que el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) se presenta en concentraciones moderadas.

Además, de acuerdo con lo mencionado por Araujo (2016), la concentración de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) en Cajamarca no supera el ECA en una hora.

Si analizamos el valor promedio máximo obtenido de este gas de 153.41 µg/m<sup>3</sup> y lo relacionamos con el valor máximo del Estándar de Calidad Ambiental que es 250 µg/m<sup>3</sup>, según el Decreto Supremo N°0003-2017 MINAM vigente, corresponde a 61.36%, el cual supera más del 50% del ECA, por lo que va a constituir un riesgo ambiental, afectando a los ecosistemas.

Es importante resaltar a Caballero (2011) que manifiesta algunos peligros de este gas se encuentran en llamada “lluvia ácida” que es la precipitación combinada con dióxido de azufre. La lluvia ácida daña la vegetación, edificios, causa la degradación del suelo y contamina cursos de agua.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- Los valores máximos obtenidos de los gases monitoreados no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) D.S. 003-2017 MINAM; sin embargo, la calidad del aire atmosférico se encuentra ligeramente afectado por la liberación de gases de CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en la construcción de la carretera Chota-Cochabamba en Cajamarca, en los cinco puntos de monitoreo en los años 2012 y 2013, según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) D.S. 003-2017 MINAM.
- El incremento de las emisiones de los gases se determinó mayormente por el parque automotor. A mayor cantidad de vehículos mayor fue la emisión de contaminantes, reduciendo la calidad del aire. La emisión de estos gases se ve reflejado en el inventario de emisiones.
- En los cinco puntos de monitoreo, el gas de mayor concentración fue el SO<sub>2</sub> cuyo valor es 153.41 µg/m<sup>3</sup> según el ECA, el cual podría causar una serie de complicaciones a la agricultura y aguas de los ríos, la formación de precipitaciones ácidas y algunas sales de sulfito y bisulfito, muy agresivos para los ecosistemas. Las personas que sufren de enfermedades pulmonares como el asma (cercano al 10% de la población) experimentarían un deterioro en su respiración como consecuencia de la exposición a las altas concentraciones del dióxido de azufre.
- Los episodios de mayor concentración de los gases monitoreados en la construcción de la carretera Chota - Cochabamba en Cajamarca en los cinco puntos de monitoreo, se debió a la combustión de los motores a base de diésel que se utilizó en el pool de maquinaria.

## PROPUESTA DEL PROYECTO

- Los resultados obtenidos indican que estos gases en los cinco puntos de monitoreo, en la construcción de la carretera Chota-Cochabamba, superan el 50% del Estándar de Calidad Ambiental (ECA), ocasionando alteraciones negativas a las características físicas y químicas del ambiente, específicamente al suelo, aire y agua; así como los cambios en los medios biótico y abiótico.

- El impacto negativo de estos gases, está asociada con la salud humana y los ecosistemas. Al disminuir la concentración de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) se reduciría la formación de deposiciones ácidas, cuyos efectos en la agricultura es formar terrenos ácidos, el cual no es apropiado para los cultivos. Así mismo, tiene efectos negativos en las edificaciones y construcciones históricas porque la presencia de esta sustancia genera reacciones de erosión en su estructura, debilitándolas y ocasionado su destrucción. De la misma forma el Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) también forma lluvias ácidas con la humedad del aire atmosférico, ocasionando acidificación en las aguas de lagos y ríos y enfermedades a la salud humana.

- La presencia del Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ) está asociado para generar el efecto invernadero y el calentamiento global, cambios climáticos y alteraciones en el ciclo hidrológico.

-La propuesta es disminuir la concentración de los gases Monóxido de Carbono  $\text{CO}$ , Dióxido de Nitrógeno  $\text{NO}_2$  y Dióxido de Azufre  $\text{SO}_2$ , en la construcción de una carretera y en todo tipo de construcciones, utilizando un parque automotor moderno con el uso de combustibles ecológicos y el uso de aditivos y catalizadores que concentra la energía y minimiza la emisión de gases. Y en motores de combustión interna a base de diésel se

debe realizar la inyección de amoníaco  $\text{NH}_3$  en los gases de escape para hacer reaccionar el  $\text{NO}_x$  con el  $\text{NH}_3$  obteniendo  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

- Revisión y mantenimiento permanente de la maquinaria pesada, vehículos para ayudar a controlar la emisión de estos gases y mantenerlos por debajo de los límites permisibles que establecen las normas ambientales.

- Implementar un laboratorio de Monitoreo y Control ambiental, para registrar un inventario de la emisión de los gases, en la construcción de carreteras y todos los proyectos de construcción civil.

En el siguiente cuadro se presenta las acciones para minimizar el impacto que generan estos gases.



Figura 11. Gráfico de la Propuesta para Minimizar la Concentración de los Gases

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). (2007). Control de la contaminación del aire de origen vehicular. Programa Calidad del Aire Ecuador. Disponible en: [www.cosude.org.ec](http://www.cosude.org.ec) (12/09/2009)
- Aguinaco, V. (2008). Captura y almacenamiento de dióxido de carbono. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub> emissions from power plants. *Environmental Pollution* 11: S119–S126.
- Álvarez, A. et al. (2017). Influencia de los contaminantes atmosféricos sobre la salud. *Revista Médica Electrónica*, 39(5), 1160-1170. Recuperado en 09 de febrero de 2019, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684).
- Aragón, P. et al. (2000). Analysis of Organic Compounds in Air: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry* 30 (2 -3): 121-151.
- Arnts, R. (2010). Evaluation of adsorbent sampling tube materials and Tenax-TA for analysis of volatile biogenic organic compounds. *Atmospheric Environment* 44: 1579
- Araujo, C. (2016) Costos externos de la contaminación ambiental del aire en la ciudad de Cajamarca. (Tesis Doctoral) Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Atkinson, R. (2000). Atmospheric Chemistry of VOCs and NO<sub>x</sub>. *Atmospheric Environment* 34: 2063- 2100.

- Atkinson, R. et al. (1986). Estimation of night-time  $N_2O_5$  concentrations from ambient  $NO_2$  and  $NO_3$  radical concentrations and the role of  $N_2O_5$  in night-time chemistry. *Atmospheric Environment* 20:331-339.
- Banco de Desarrollo de América Latina- CAF, (2010). Análisis de la movilidad urbana, espacio, medio ambiente y equidad. Bogotá: CAF.
- Badenier, P. (2004). Evolución de la Calidad del Aire en Santiago 1997 / 2004. [En Línea] [www.conama.cl](http://www.conama.cl) (Consulta: 2 de junio, 2010)
- Ballester, F. (2010). Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad Valenciana. Madrid España 59; 300-308.
- Barriga, A. (2011). Seminario combustión industrial aplicada y control de contaminantes.
- Baxter, P.J., 2000. Gases. In: P.J. Baxter, P.H. Adams, T.-C. Aw, A. Cockcroft and J.M.
- Beckett, P. et al. (2000). Effective tree species for local air-quality management. *Journal of Arboriculture* 26:12-19.
- Beckett, P. et al. (2000). The capture of particulate pollution by trees at five contrasting urban sites. *Arboricultural Journal* 24: 209–230.
- Beckett, et al. (1998). Urban woodlands: Their role in reducing the effects of particulate pollution. *Environment Pollution* 99:347–360.
- Behrentz, E. et al. (2007). Análisis del estado de la calidad de aire en Bogotá. Colombia

- Benjamin, M. et al. (1996). Low-emitting urban forests: taxonomic methodology for assigning isoprene and monoterpene emission rates. *Atmospheric Environment* 30: 1437–1452.
- Bermúdez, M. (2010). *Contaminación y Turismo Sostenible*  
<http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>
- Berzosa, A. (2013). Análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de las carreteras. (Tesis Doctoral) Universidad Complutense de Madrid. España.
- Bogo, A. (2004). *Monitoreo y análisis de la contaminación atmosférica en la Ciudad de Buenos Aires*. (Tesis Doctoral) Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Boissard, C. et al. (2001). Seasonal Variations in VOC Emission Rates from Gorse (*Ulex europaeus*). *Atmospheric Environment* 35: 917-927.
- Bourbon, P. et al. (1976), *Pollut. Atmosph. ns* 69, 11.
- Bustillos, A. (2011). Simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados Disper 5.2 y Screen View.
- Caballero, M. (2011). Análisis de emisiones de vehículos livianos según ciclos de conducción específicos para la región Metropolitana (tesis de pre grado). Universidad de Chile. Santiago de Chile.

- Carmona, F. (2017). Materiales inorgánicos porosos para la liberación controlada de monóxido de carbono con fines terapéuticos. (Tesis Doctoral). Universidad de Granada. España,
- Celis, J. et al. (2007). Contaminación del aire atmosférico por material particulado en una ciudad intermedia: El caso de Chillán (Chile). *Información Tecnológica*. 2007, 18 (3): 49-58
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2002). Estudio económico de América Latina y el Caribe. “La congestión de tránsito: sus consecuencias económicas y sociales”, Boletín N° 170, Santiago de Chile.
- Charpentier, S. y Hidalgo, J. (1999). Políticas Ambientales en el Perú. Disponible en Internet en la dirección: [www.agendaperu.org.pe](http://www.agendaperu.org.pe).
- Comisión Económica para América Latina Y El Caribe CEPAL (2004) Revista CEPAL.
- Centro de Recursos Ambientales de Navarra CRANA (2016). Fundación CRANA. Obtenido de Fundación crana: [http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion\\_3/monoxidocarbono](http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/monoxidocarbono)
- Chung, B. (2008). Control de los contaminantes químicos en el Perú. *Revista Peruana Medicina Experimental y Salud Pública*. 2008; 25(4): 413-18.
- Christie, A. et al (1970). *Air Pollution: Measuring, Monitoring, and Surveillance of Air Pollution* vol 3; 95(1): 519.
- Crutzen, P. (1970). The influence of nitrogen oxides in the atmospheric ozone content, *Journal Royal Meteorological Society*, 96, 320.

Defensoría del Pueblo 2009 Informe Defensorial N°134: La Calidad del Aire en Lima y su Impacto en La Salud y La Vida de sus Habitantes: Seguimiento de las recomendaciones defensoriales, Lima.

De la Cruz, I. (2015). Concentración de Contaminantes del Aire Generados por las Fuentes Móviles en la Ciudad de Huancayo 2012. (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Dirección General de Salud Ambiental DIGESA, (2005) Protocolo de monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos.  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/protocolo\\_calidad\\_de\\_aire.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/protocolo_calidad_de_aire.pdf)

Dueñas, A. et al. (2001). Epidemiology of acute carbon monoxide poisoning in a Spanish Region. *Clinical Toxicology*; 39(1):53-57.

EcuRed (2013). Disponible en: [https://www.ecured.cu/Infraestructura\\_vial](https://www.ecured.cu/Infraestructura_vial) EPA Unites States Environmental Protection Agency.

Enshassi, A. et al. (2014). An evaluation of environmental impacts of construction projects. *Revista Ingeniería de Construcción*, 23(3): 1.

Erazo, Q. (2016). Caracterización espacio-temporal de la contaminación atmosférica de partículas 2,5 micras, carbono negro y óxidos de nitrógeno al lado del arroyo vehicular (Tesis de Maestría) Universidad Autónoma de México, México.

Escalona, L. et al. (2012). XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental “Red de Monitoreo atmosférico” Universidad de Carabobo. Valencia–Venezuela.

Escuela Superior Politécnica del Litoral. Acceso 15/09/2011 disponible en:  
<http://www.cds.espol.edu.ec/documentos/combustion%20AB.pdf>.

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires recuperado de:

[http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_3759\\_Bogo.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3759_Bogo.pdf)

<http://digital.bl.fcen.uba.ar/gsd/>

[2bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=Tesis\\_3759\\_Bogo](http://digital.bl.fcen.uba.ar/gsd/2bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=Tesis_3759_Bogo)

Galiano y Palomares. (1978). Determinación de dióxido de nitrógeno en la atmósfera mediante muestreo con filtros impregnados. Junta de Energía Nuclear, Ciudad Universitaria. Madrid España.

Gangolli, S. (1999). The Dictionary of Substances and their Effects, 2nd edn. The Royal Society of Chemistry. Cambridge.

Garrahan, J. (2012). Prevención de Intoxicaciones por monóxido de carbono.  
[http://www.garrahan.edu.ar/pluginfile.php?file=/1233/mod\\_page/content/12/Mon%C3%B3xido%20de%20Carbono.pdf](http://www.garrahan.edu.ar/pluginfile.php?file=/1233/mod_page/content/12/Mon%C3%B3xido%20de%20Carbono.pdf)

Gómez, J. y Valcarce, F. (2003). Tóxicos detectados en muertes relacionadas con fuegos e intoxicaciones por monóxido de carbono. Rev. Toxicol; 20:38-42.

Gonzales, G. et al. (2014). Contaminación Ambiental, Variabilidad Climática y Cambio Climático: Una Revisión del Impacto en la Salud de la Población Peruana Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Pública. Instituto Nacional De Salud Lima, Perú. 31(3): 547-556

Hartwell, et al. (1984). New energy-efficient homes programs environmental impact statement. Volumen II Estados Unidos.

Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), (2012) Estado de la Calidad de Aire en Colombia 2007 – 2010 Bogotá, D.C.

Komarnisky, L. et al. (2003). Sulfur: its clinical and toxicological aspects. *Nutrition*, 2003;19(1): 54-61.

Lide, E. (2003). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 84th edn. CRC Press. Boca Raton, Florida.

Martínez, A. y Díaz, Y. (2004). *Contaminación atmosférica*. 2004 ISBN8484273245, 9788484273240 pág. 13 Universidad de Castilla-La Mancha. España.

Martínez, A. y Romieu, I., (1997). *Introducción al monitoreo atmosférico*. ECO Metepec. México. 130 P.

Melanta, S. (2010). *A tool for quantifying the carbon footprint of construction projects in the transportation sector*. Tesis doctoral, University of Maryland.

Mendoza, M. (2012). *Valoración de contaminantes del aire generada por fuentes móviles para la gestión de la calidad del aire en el cercado de Tacna, 2011-2012* (Tesis de Maestría) Universidad Jorge Basadre Grohmann. Tacna.

MINAM (2004) *Marco del sistema nacional de gestión ambiental Ley N° 28245*  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_2818.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2818.pdf)

MINAM (2007) *Ley General del Ambiente N° 28611*

[http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_per\\_ley28611.pdf](http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_per_ley28611.pdf)

MINAM (2011) Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente. Compendio de la legislación ambiental peruana. Volumen V Calidad Ambiental.

MINAM (2013) [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/12/ds\\_004-2013-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/12/ds_004-2013-minam.pdf).

MINAM (2015) Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>

Moyano, C. (2017). Estimación de la contaminación del aire generada por efecto de la circulación vehicular motorizada en la Av. 10 de agosto de la ciudad de Cuenca-Ecuador, usando la herramienta de micro simulación de tránsito Aimsun 8.1

Ñaña, E. (2014). Variación temporal de la concentración de monóxido de carbono usando datos del sensor MOPITT en las regiones costa, sierra y selva del Perú, Universidad Continental.

OMS (2004). Consenso científico sobre la contaminación del aire. (Este Dossier es un resumen fiel de dos destacados informes de consenso científico publicados en 2003 y 2004 por la Organización Mundial de la Salud (OMS): "Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide (2003)" y "Answer to follow-up questions from CAFE (2004)" El Dossier completo se encuentra disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/particulas-suspension-pm/>

Páez, P. (2008). Gestión de la Calidad del Aire. Quito. CORPAIRE 1era. Edición N33-299 e Inglaterra Quito. Ecuador.

- Park, R. et al. (2003). Sources of carbonaceous aerosols over the United States and implications for natural visibility. *J. Geophys. Res.* 2003; 108 :4355.
- Pope, C. y Dockery, D. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manage Assoc.* 2006; 56(6), 709-42.
- Portoles, A. et al. (1982). Intoxicación por monóxido de carbono a propósito de 13 casos. *Rev. Clínica Española.* 1982; 191:317-319.
- Querol, X. (2008). Calidad del aire, partículas en suspensión y metales. *Revista Española de Salud Pública*, 82(5), 447-454. Recuperado en 08 de febrero de 2019, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S113](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S113).
- Rave, C. et al. (2008). *Identificación de las zonas críticas por contaminación atmosférica en el área metropolitana del Valle de Aburrá, para el apoyo en la toma de decisiones de ordenamiento ambiental y territorial.* Gest. Ambient., Volumen 11, Número 1, p. 54-66.
- Saavedra, J. (2014). Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular (Tesis de Pregrado) Universidad Agraria la Molina, Lima.
- Suscón, L. (2006). Life Cycle Assessment of Road Paviment. Programme: Sustainable Construction in Public and Private Works through IPP approach. Project.
- Téllez, J. et al. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: Un Problema de Salud Ambiental Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia

Vera, F. (2004). Efecto de la recirculación' del gas de escape en el proceso de la renovación de la carga en motores turbo-sobrealimentados. (Tesis Doctoral) Universidad Politécnica de Valencia. España.

Wellburn, A. (1994). Air Pollution and Climate Change: the biological impact. Addison Wesley Longman Limited, Harlow, 268 pp.

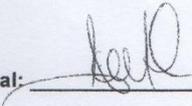
Zavala, M. (2009). Emisiones de compuestos tóxicos por fuentes vehiculares. III Taller sobre implicaciones en política pública de nuevos hallazgos científicos sobre contaminación atmosférica contaminantes tóxicos en aire.

## **ANEXOS/APÉNDICES**

## Anexo 1. Certificados de calibración

En el anexo 2, se presenta los certificados de calibración del equipo utilizado para el monitoreo en las estaciones.

### Certificado de calibración para el Monóxido de Carbono

 Aeroqual Limited 109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand Phone: +64-9-623 3013 Fax: +64-9-623 3012 <a href="http://www.aeroqual.com">www.aeroqual.com</a> <b>Calibration Certificate No. 5113</b>				
<b>Calibration Date: 14 Jun 2012</b>				
<b>Model:</b>	Carbon Monoxide 0-100ppm			
<b>Serial No:</b>	CO-1406120-004			
<b>Environmental Conditions</b>				
Temperature	23.1 °C			
Relative Humidity	62 %			
<b>Measurements</b>				
Calibration Standard / ppm	0	50.00	100.00	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	50.34	99.98	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.24	0.014	0.000
*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings.				
<b>Calibration Standard</b>				
The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA.				
<b>QC Approval:</b> 				
<b>Date:</b> <u>06.14.2012</u>				

# aeroQUAL

Aeroqual Limited  
109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand  
Phone: +64 9 623 3013 Fax: +64 9 623 3012  
[www.aeroqual.com](http://www.aeroqual.com)

## Calibration Certificate No. 8678

**Calibration Date:** 14 Jan 2013

**Model:** Carbon Monoxide 0-100 ppm

**Serial No:** CO-1406120-004

### Environmental Conditions

Temperature 22.9 °C

Relative Humidity 62 %

### Measurements

Calibration Standard / ppm	0	50.0	100.0	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	50.36	99.96	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.25	0.015	0.000

\*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings

### Calibration Standard

The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA

QC Approval: 

Date: 14.01.2013

# aeroQUAL

Aeroqual Limited  
109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand  
Phone: +64 9 623 3013 Fax: +64 9 623 3012  
[www.aeroqual.com](http://www.aeroqual.com)

Calibration Certificate No. 8678

Calibration Date: 15 Jan 2014

Model: Carbon Monoxide 0-100 ppm

Serial No: CO-1406120-004

#### Environmental Conditions

Temperature 22.9 °C

Relative Humidity 62 %

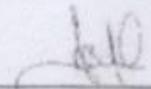
#### Measurements

Calibration Standard / ppm	0	50.0	100.0	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	50.36	99.96	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.25	0.015	0.000

\*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings

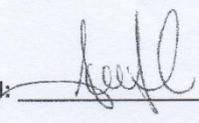
#### Calibration Standard

The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA

QC Approval: 

Date: 01.15.2014

## Certificado de calibración para el Dióxido de Nitrógeno

<b>aeroQUAL</b>				
Aeroqual Limited 109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand Phone: +64-9-623 3013 Fax: +64-9-623 3012 <a href="http://www.aeroqual.com">www.aeroqual.com</a>				
<b>Calibration Certificate No. 5116</b>				
<b>Calibration Date: 15 Jun 2012</b>				
<b>Model:</b>	Nitrogen Dioxide 0-1 ppm			
<b>Serial No:</b>	NO2-1506120-007			
<b>Environmental Conditions</b>				
Temperature	23.1 °C			
Relative Humidity	62 %			
<b>Measurements</b>				
Calibration Standard / ppm	0	0.500	1.000	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	0.517	1.021	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.012	0.014	0.000
*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings.				
<b>Calibration Standard</b>				
The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA.				
<b>QC Approval:</b> 				
<b>Date:</b> <u>06.15.2012</u>				

# aeroQUAL

Aeroqual Limited  
109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand  
Phone: +64 9 623 3013 Fax: +64 9 623 3012  
[www.aeroqual.com](http://www.aeroqual.com)

## Calibration Certificate No. 8682

**Calibration Date:** 14 Jan 2013

**Model:** Nitrogen Dioxide 0-1 ppm

**Serial No:** NO2-1506120-007

### Environmental Conditions

Temperature 22.9 °C

Relative Humidity 62 %

### Measurements

Calibration Standard / ppm	0	0.500	1.000	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	0.519	1.024	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.011	0.016	0.000

\*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings

### Calibration Standard

The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA

QC Approval: 

Date: 14.01.2013

# aeroQUAL

Aeroqual Limited  
109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand  
Phone: +64 9 623 3013 Fax: +64 9 623 3012  
[www.aeroqual.com](http://www.aeroqual.com)

## Calibration Certificate No. 8682

Calibration Date: 16 Jan 2014

Model: Nitrogen Dioxide 0-1 ppm

Serial No: NO2-1506120-007

### Environmental Conditions

Temperature 22.9 °C

Relative Humidity 62 %

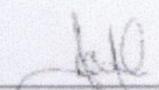
### Measurements

Calibration Standard / ppm	0	0.500	1.000	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	0.519	1.024	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.0.11	0.016	0.000

\*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings

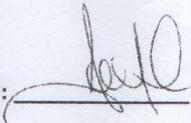
### Calibration Standard

The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA

QC Approval: 

Date: 01.16.2014

# Certificado de calibración para el Dióxido de Azufre

 Aeroqual Limited 109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand Phone: +64-9-623 3013 Fax: +64-9-623 3012 <a href="http://www.aeroqual.com">www.aeroqual.com</a>  <b>Calibration Certificate No. 5109</b>				
<b>Calibration Date: 13 Jun 2012</b>				
<b>Model:</b>	Sulfur Dioxide 0-100 ppm			
<b>Serial No:</b>	SO2-1306120-009			
<b>Environmental Conditions</b>				
Temperature	23.1 °C			
Relative Humidity	62 %			
<b>Measurements</b>				
Calibration Standard / ppm	0	50.0	100.0	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	51.4	102.3	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.989	1.626	0.000
*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings.				
<b>Calibration Standard</b>				
The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA.				
<b>QC Approval:</b> 				
<b>Date:</b> <u>06.13.2012</u>				

# aeroQUAL

Aeroqual Limited  
109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand  
Phone: +64 9 623 3013 Fax: +64 9 623 3012  
[www.aeroqual.com](http://www.aeroqual.com)

## Calibration Certificate No. 8675

**Calibration Date:** 14 Jan 2013

**Model:** Sulfur Dioxide 0-100 ppm

**Serial No:** SO2-1306120-009

### Environmental Conditions

Temperature 22.9 °C

Relative Humidity 62 %

### Measurements

Calibration Standard / ppm	0	50.0	100.0	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	51.6	102.5	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.991	1.627	0.000

\*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings

### Calibration Standard

The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA

QC Approval: 

Date: 14.01.2013

Aeroqual Limited  
109 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand  
Phone: +64 9 623 3013 Fax: +64 9 623 3012  
[www.aeroqual.com](http://www.aeroqual.com)

Calibration Certificate No. 8675

Calibration Date: 14 Jan 2014

Model: Sulfur Dioxide 0-100 ppm

Serial No: 502-1306120-009

Environmental Conditions

Temperature 22.9 ° C

Relative Humidity 62 %

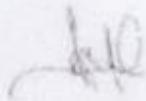
Measurements

Calibration Standard / ppm	0	50.0	100.0	0
AQL Sensor (Mean) / ppm	0	51.6	102.5	0
AQL Sensor (Std. Dev) / ppm	0.000	0.991	1.627	0.000

\*The Mean and Standard Deviation are calculated from three consecutive readings

Calibration Standard

The Aeroqual sensor is calibrated against a certified mixture of methane in air. The fundamental calibration of the used reference is traceable to NATA

QC Approval: 

Date: 01.14.2014

**Anexo 2.** Algunos ejemplos de los registros meteorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

Los datos fueron recuperados y extraídos de la estación meteorológica ubicada en la ciudad de Chota, los datos de esta estación se detallan a continuación:

**DATOS:**

- Estación: CHOTA - 000303
- Tipo: Convencional, Meteorológica
- Latitud: 6 32' 49.66"
- Longitud: 78 38' 55.07"
- Departamento: CAJAMARCA
- Provincia: CHOTA
- Distrito: CHOTA
- Estado: Funcionando

Los resultados de los registros meteorológicos de los cinco meses monitoreados son los siguientes, los cuales se muestran en las tablas 20,21,22,23 y 24, Estos resultados son de los días en los que se realizó el monitoreo.

**Tabla 15**

*Información Meteorológica del Mes de mayo 2012 en los Días Monitoreados*

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad de Viento 13h (m/s)
			7	19		
01-may-12	17	10.8	0.9	15.2	C	sin registro
02-may-12	19.6	8.4	4.2	0.2	NE	2
03-may-12	22.2	9	0	0	NE	2
04-may-12	21.2	8	0	0	NE	4
05-may-12	21	8.2	0	0	NE	2
06-may-12	21.8	8.8	0	0	NE	2
07-may-12	21.6	11	0	0	NE	2

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

**Tabla 16***Información Meteorológica del Mes de diciembre 2012 en los Días Monitoreados*

Día/Mes/Año	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Precipitación (Mm)		Dirección Del Viento 13h	Velocidad De Viento 13h (M/S)
			7	19		
15-dic-12	23	6.8	0	0	NE	2
16-dic-12	24	5.4	0	0	SE	4
17-dic-12	22.6	7.2	0	0	NE	2
18-dic-12	23.4	8.2	0	0	NE	2
19-dic-12	22.4	8.4	0	2	C	sin registro
20-dic-12	20	8.8	0	0	NE	2
21-dic-12	21.8	10.8	0	2.4	NE	2

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

**Tabla 17***Información Meteorológica del Mes de abril 2013 en los Días Monitoreados*

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad de Viento 13h (m/s)
			7	19		
03-mar-13	19.4	11.4	3.5	0.3	NE	2
04-mar-13	19.4	10.8	4.6	1	NE	2
05-mar-13	22.4	10.8	7.2	0.1	NE	2
06-mar-13	21.8	11	18.7	0	C	sin registro
07-mar-13	17.6	12	0	0	NE	2
08-mar-13	20.4	11.4	0	0.7	NE	4
09-mar-13	21.4	11	0	1	NE	2

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

**Tabla 18***Información Meteorológica del Mes de octubre 2013 en los Días Monitoreados*

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad de Viento 13h (m/s)
			7	19		
03-oct-13	22.4	11.6	0	0.2	NE	4
04-oct-13	23.2	12	0.9	0	NE	4
05-oct-13	21	12	1.4	0.9	C	sin registro
06-oct-13	19	12.2	10.5	0	NE	4
07-oct-13	22.2	10.4	0.3	0	NE	6
08-oct-13	23.2	10.6	0	0	NE	2
09-oct-13	22.6	11	0.3	0	NE	2

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

**Tabla 19***Información Meteorológica del Mes de diciembre 2013 en los Días Monitoreados*

Día/mes/año	Temperatura Max (°c)	Temperatura Min (°c)	Precipitación (mm)		Dirección del Viento 13h	Velocidad de Viento 13h (m/s)
			7	19		
01-dic-13	19.2	11.2	2.7	0.1	C	sin registro
02-dic-13	22.4	10.4	0	0	SE	2
03-dic-13	22	10.6	0	2.9	NE	4
04-dic-13	18.4	11.8	0	5.1	C	sin registro
05-dic-13	22	10.4	0.7	8	NE	4
06-dic-13	17.2	11.4	1	17.1	C	sin registro
07-dic-13	22.8	12	0	4.8	C	sin registro
08-dic-13	18	11	6.1	8.5	C	sin registro
09-dic-13	20.2	11.6	6.9	1.4	C	sin registro

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

**Apéndice 1.** Resultado del monitoreo de los gases CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> realizado en las cinco estaciones monitoreadas en los años 2012-2013.

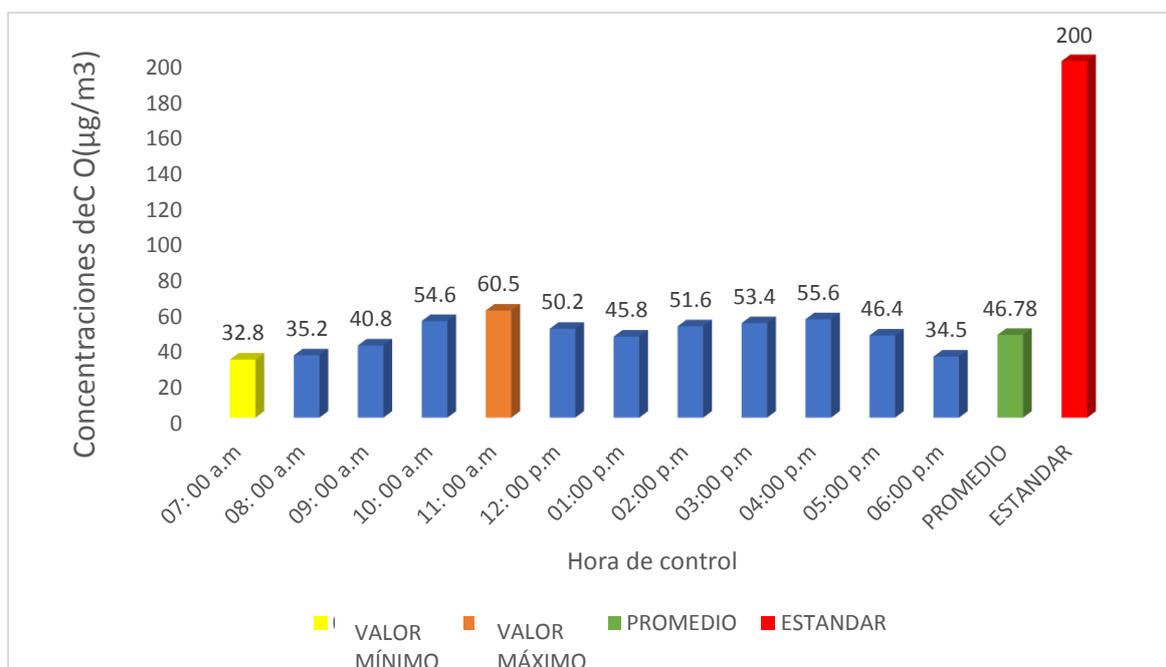
**Abril 2012**

*Dióxido de Nitrógeno*

**Tabla 20**

*Concentración de Dióxido de Nitrógeno en Chancadora Ajipampa en abril 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este	m.s.n.m		
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	32.80
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	35.20
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	40.80
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	54.60
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	60.50
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	50.20
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	45.80
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	51.60
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	53.40
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	55.60
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	46.40
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	34.50
<b>PROMEDIO</b>						46.78
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO<sub>2</sub> = 200 µg/m<sup>3</sup></b>						



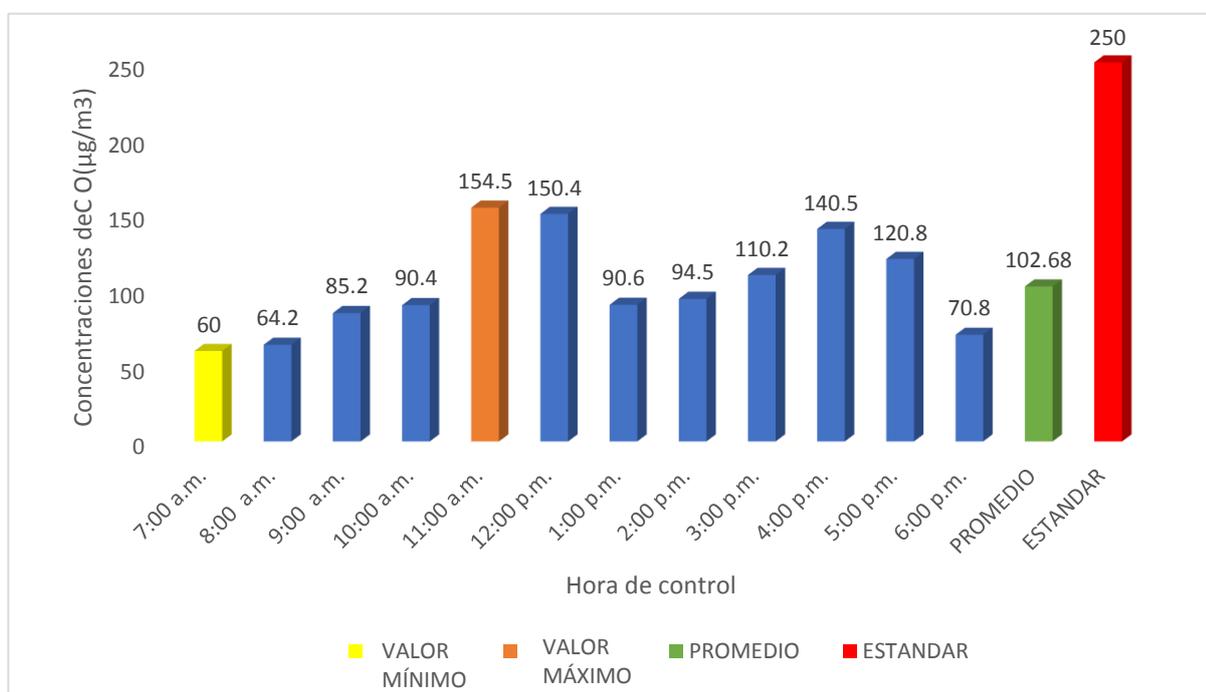
**Figura 12.** Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en abril 2012

## *Dióxido de Azufre*

**Tabla 21**

*Concentración de Dióxido de Azufre en Chancadora Ajipampa en abril 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	60.00
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	64.20
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	85.20
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	90.40
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	154.50
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	150.40
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	90.60
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	94.50
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	110.20
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	140.50
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	120.80
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	01/05/2012	70.80
<b>PROMEDIO</b>						102.68
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250 µg/m<sup>3</sup></b>						



*Figura 13.* Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2012

**Diciembre 2012**

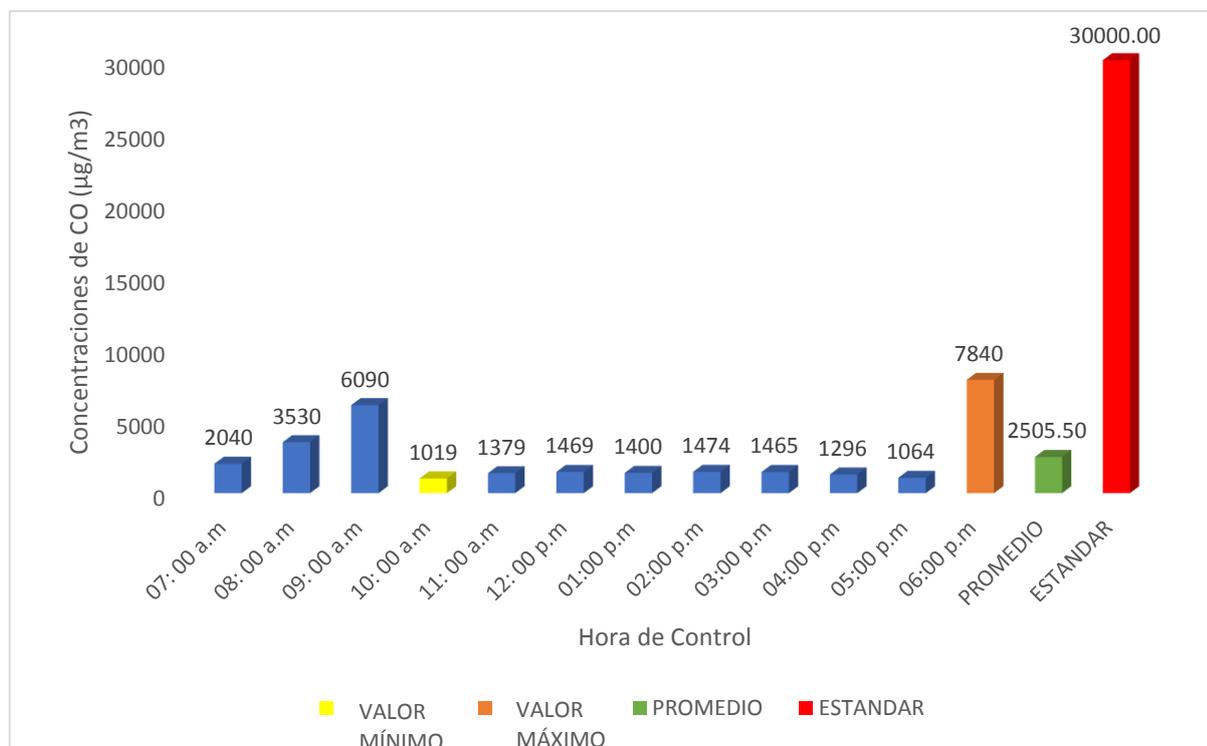
**Chancadora Doñana**

*Monóxido de Carbono*

**Tabla 22**

*Concentración de Monóxido de Carbono en la Chancadora Doñana diciembre 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	2040.00
8:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	3530.00
9:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	6090.00
10:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1019.00
11:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1379.00
12:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1469.00
1:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1400.00
2:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1474.00
3:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1465.00
4:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1296.00
5:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	1064.00
6:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	7840.00
<b>PROMEDIO</b>						2505.50
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO = 30000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>						



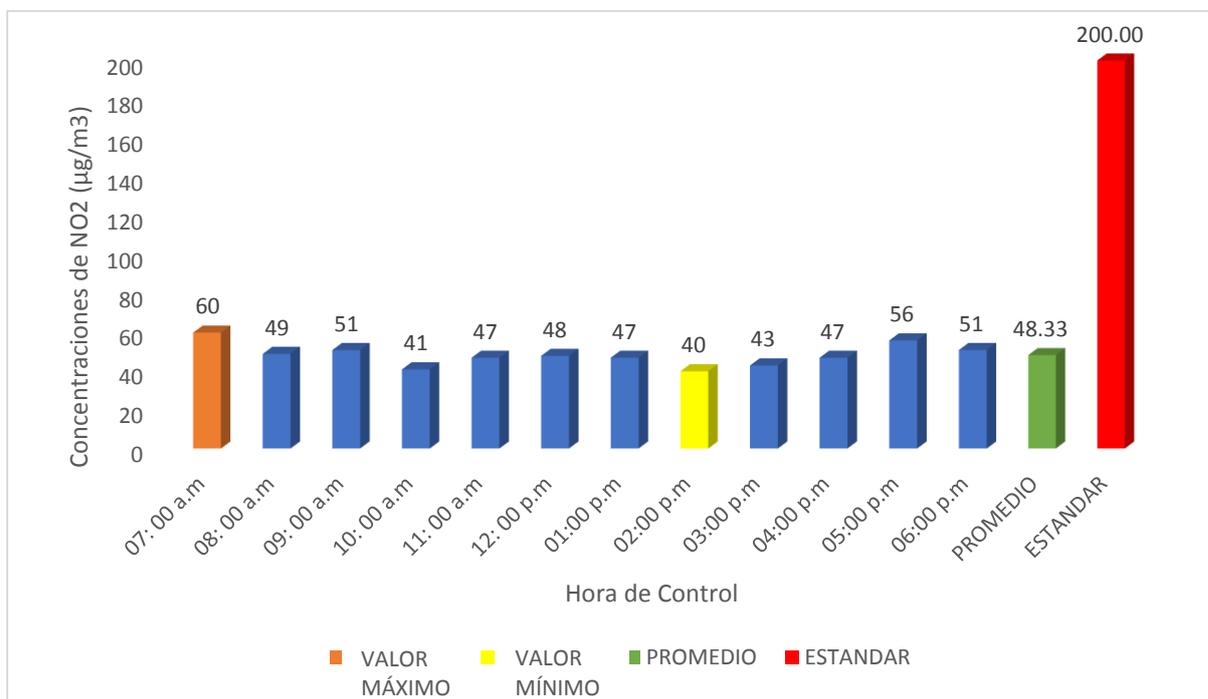
**Figura 14.** Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en diciembre 2012

## Dióxido de Nitrógeno

**Tabla 23**

*Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Doñana diciembre 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	60.00
8:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	49.00
9:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	51.00
10:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	41.00
11:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	47.00
12:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	48.00
1:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	47.00
2:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	40.00
3:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	43.00
4:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	47.00
5:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	56.00
6:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	51.00
<b>PROMEDIO</b>						48.33
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO<sub>2</sub> = 200 µg/m<sup>3</sup></b>						



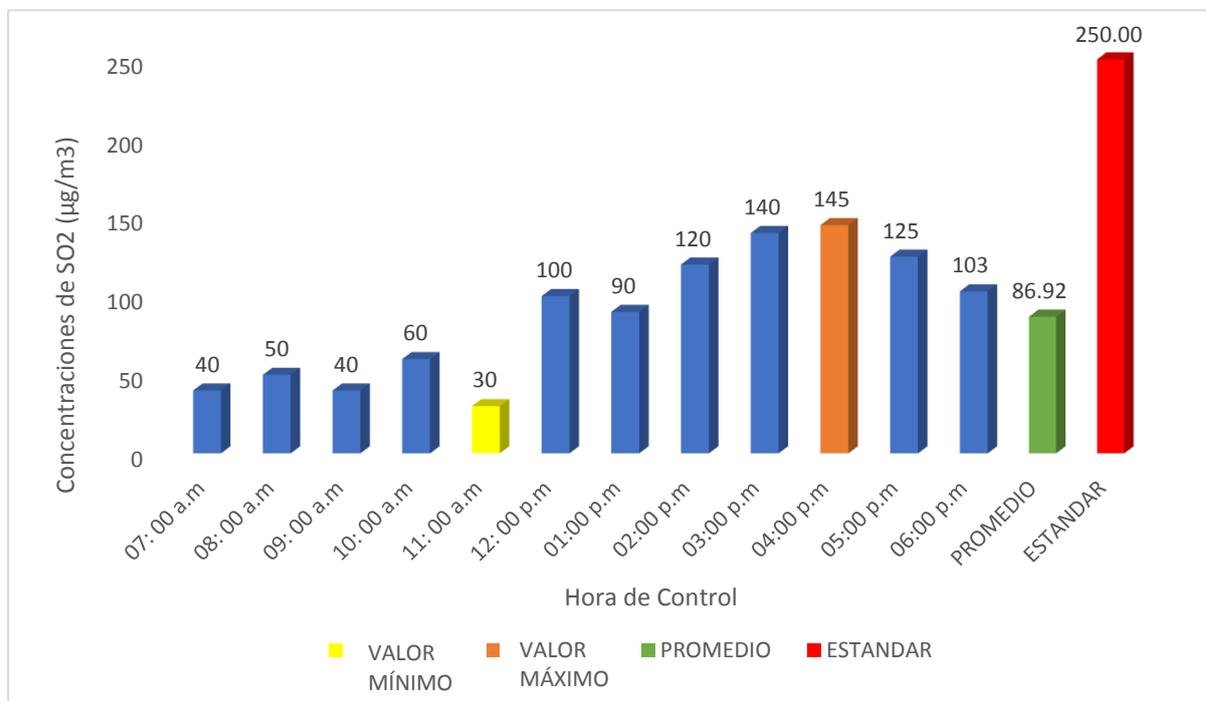
*Figura 15. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2012*

## Dióxido de Azufre

**Tabla 24**

*Concentración de Dióxido de Azufre en Chancadora Doñana diciembre 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	40.00
8:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	50.00
9:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	40.00
10:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	60.00
11:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	30.00
12:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	100.00
1:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	90.00
2:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	120.00
3:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	140.00
4:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	145.00
5:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	125.00
6:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	15/12/2012	103.00
<b>PROMEDIO</b>						86.92
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250 µg/m<sup>3</sup></b>						



*Figura 16.* Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012

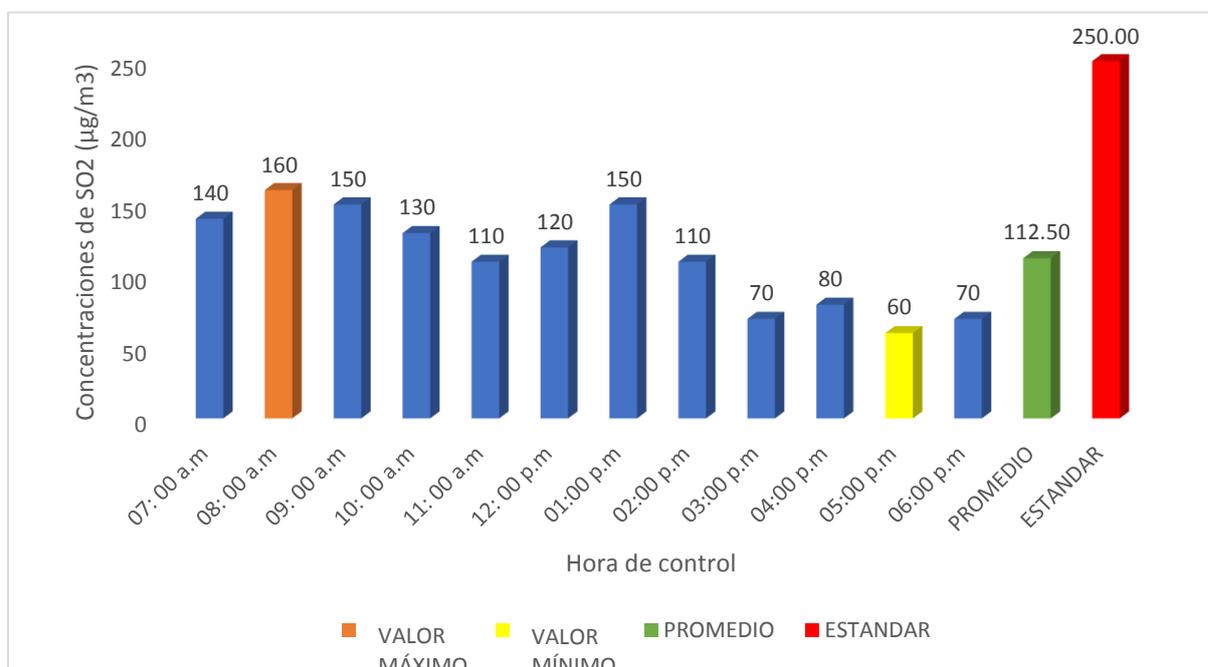
## Plaza de Armas de Lajas

### Dióxido de Azufre

**Tabla 25**

*Concentración de Dióxido de Azufre en la Plaza de Armas de Lajas diciembre 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	140.00
8:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	160.00
9:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	150.00
10:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	130.00
11:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	110.00
12:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	120.00
1:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	150.00
2:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	110.00
3:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	70.00
4:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	80.00
5:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	60.00
6:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	21/12/2012	70.00
<b>PROMEDIO</b>						112.50
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250 µg/m<sup>3</sup></b>						



*Figura 17. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012*

## Chancadora Ajipampa

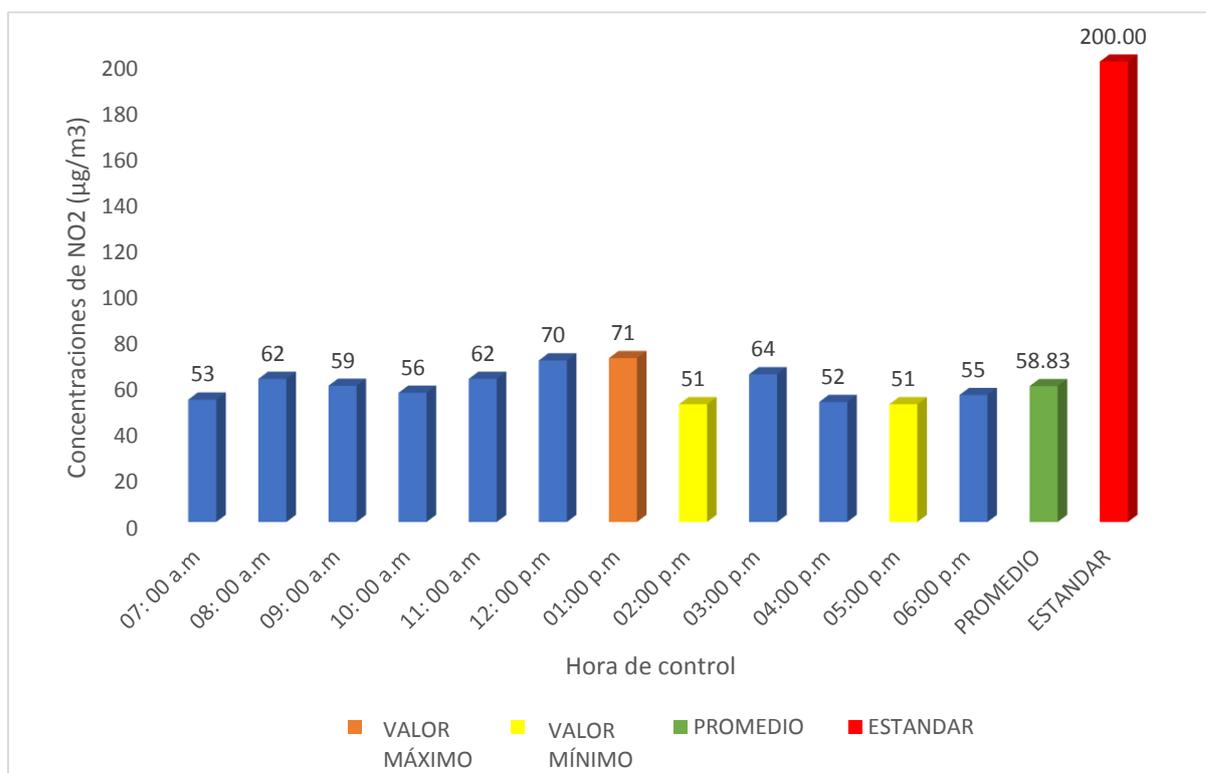
### Dióxido de Nitrógeno

**Tabla 26**

*Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Ajipampa diciembre 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	53
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	62
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	59
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	56
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	62
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	70
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	71
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	51
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	64
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	52
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	51
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	55
<b>PROMEDIO</b>						58.83

**ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO<sub>2</sub> = 200 µg/m<sup>3</sup>**



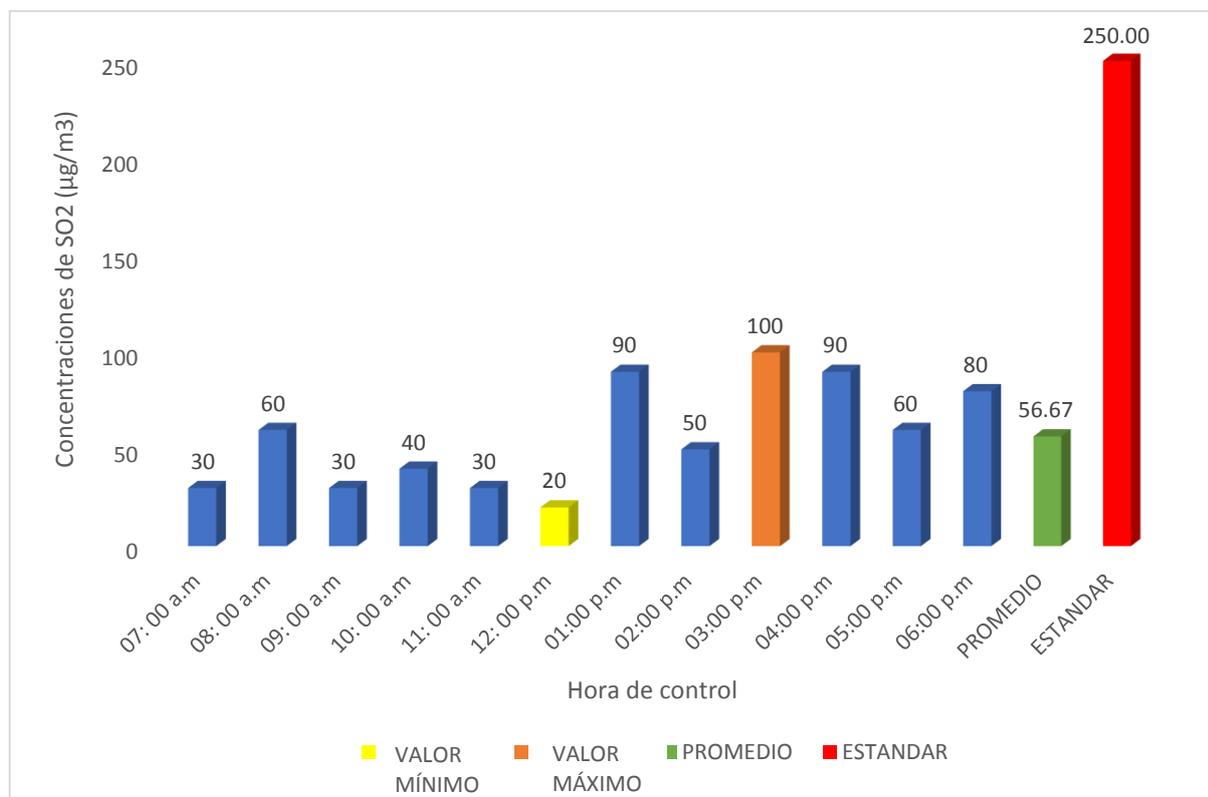
*Figura 18.* Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2012.

## Dióxido de Azufre

**Tabla 27**

*Concentración de Dióxido de Azufre en la Chancadora Ajipampa diciembre 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	30
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	60
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	30
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	40
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	30
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	20
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	90
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	50
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	100
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	90
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	60
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	16/12/2012	80
<b>PROMEDIO</b>						56.67
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250 µg/m<sup>3</sup></b>						



*Figura 19. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012.*

## Cantera el Molino

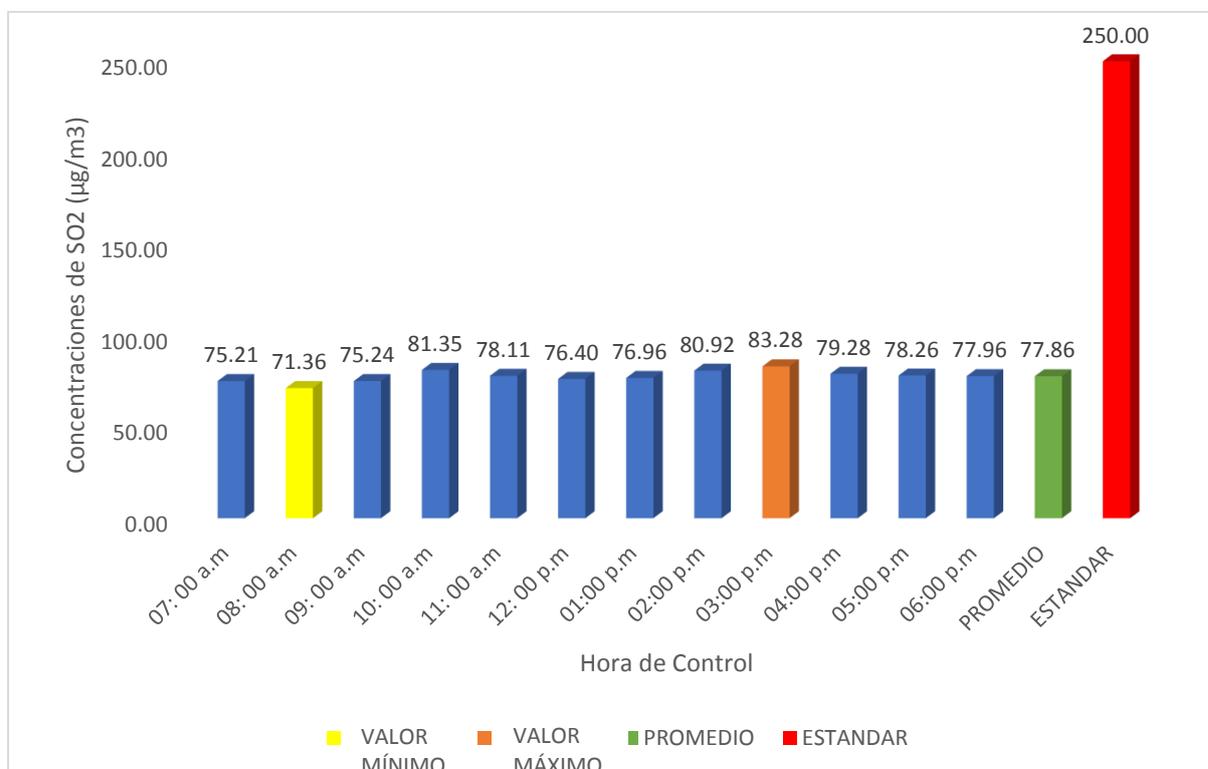
### Dióxido de Azufre

**Tabla 28**

*Concentración de Dióxido de Azufre en la Cantera el Molino diciembre 2012*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	75.21
8:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	71.36
9:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	75.24
10:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	81.35
11:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	78.11
12:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	76.40
1:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	76.96
2:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	80.92
3:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	83.28
4:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	79.28
5:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	78.26
6:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	16/12/2012	77.96
<b>PROMEDIO</b>						77.86

**ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250µg/m<sup>3</sup>**



*Figura 20. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en diciembre 2012.*

**Abril 2013**

**Chancadora Doñana**

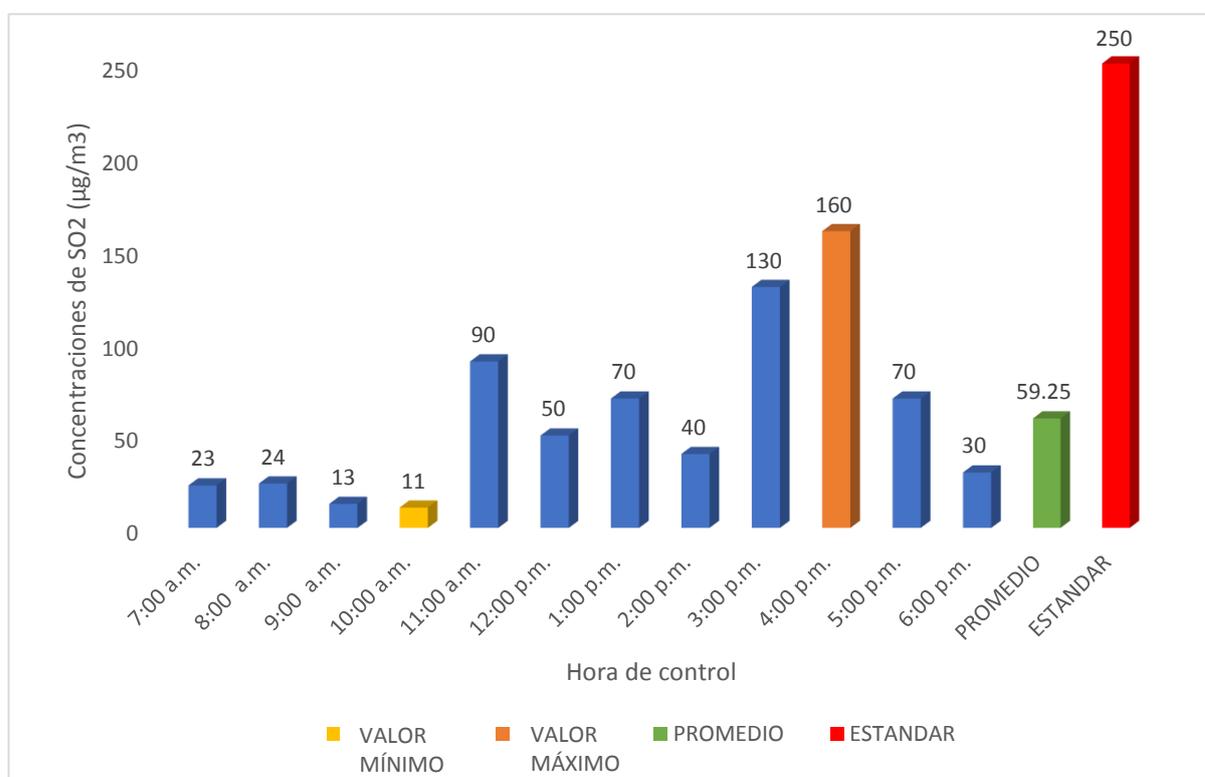
*Dióxido de Azufre*

**Tabla 29**

Concentración de Dióxido de Azufre en la Chancadora Doñana abril 2013

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	23
8:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	24
9:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	13
10:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	11
11:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	90
12:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	50
1:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	70
2:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	40
3:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	130
4:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	160
5:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	70
6:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	04/04/2013	30
<b>PROMEDIO</b>						59.25

**ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250 µg/m<sup>3</sup>**



**Figura 21.** Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013

## Chancadora Ajipampa

### Monóxido de Carbono

**Tabla 30**

Concentración de Monóxido de Carbono en la Chancadora Ajipampa en abril 2013

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	600.00
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	738.00
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	1730.00
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	2360.00
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	5990.00
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	3350.00
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	1890.00
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	2130.00
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	3512.00
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	4320.00
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	1890.00
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	800.00
<b>PROMEDIO</b>						2442.50
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO = 30000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>						

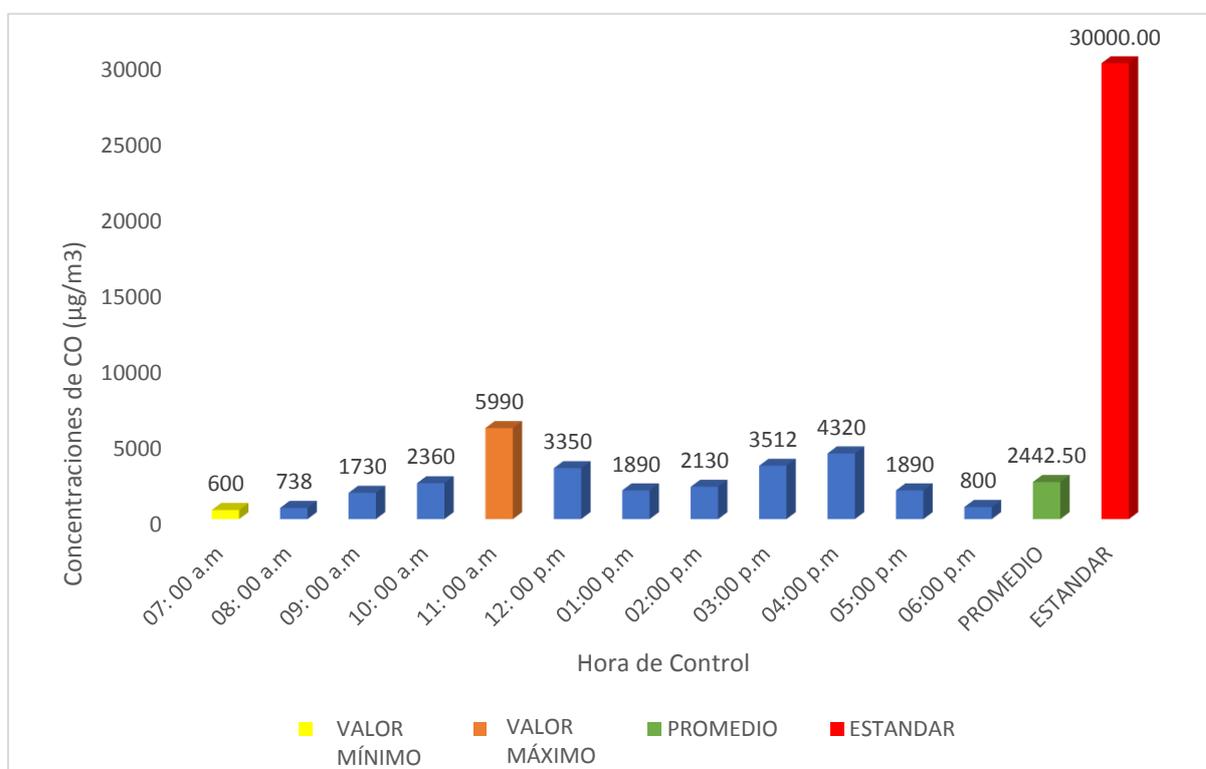


Figura 22. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en abril 2013

## Cantera el Molino

### Monóxido de Carbono

**Tabla 31**

Concentraciones de Monóxido de Carbono en la Cantera el Molino abril 2013

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	35.4
8:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	40.2
9:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	65.6
10:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	78.4
11:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	80.2
12:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	77.8
1:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	64.6
2:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	68.8
3:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	74.4
4:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	76.2
5:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	70.6
6:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	37.4
<b>PROMEDIO</b>						64.13
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO = 30000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>						

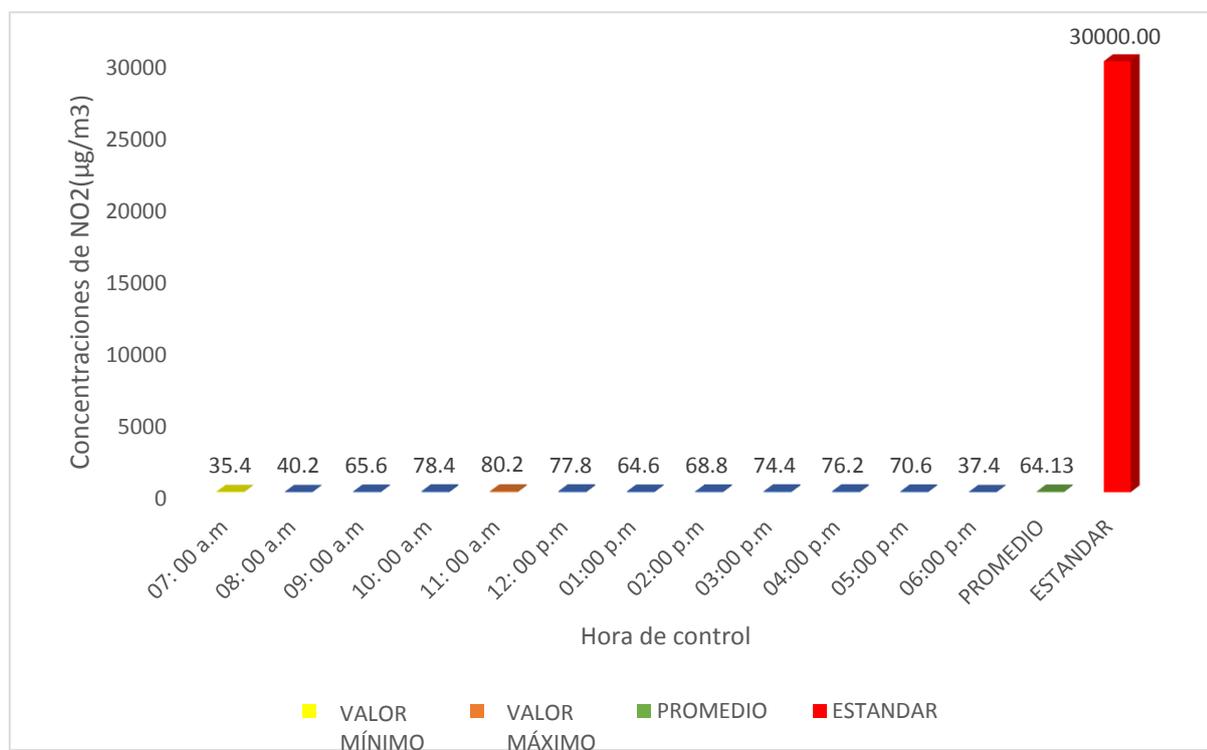


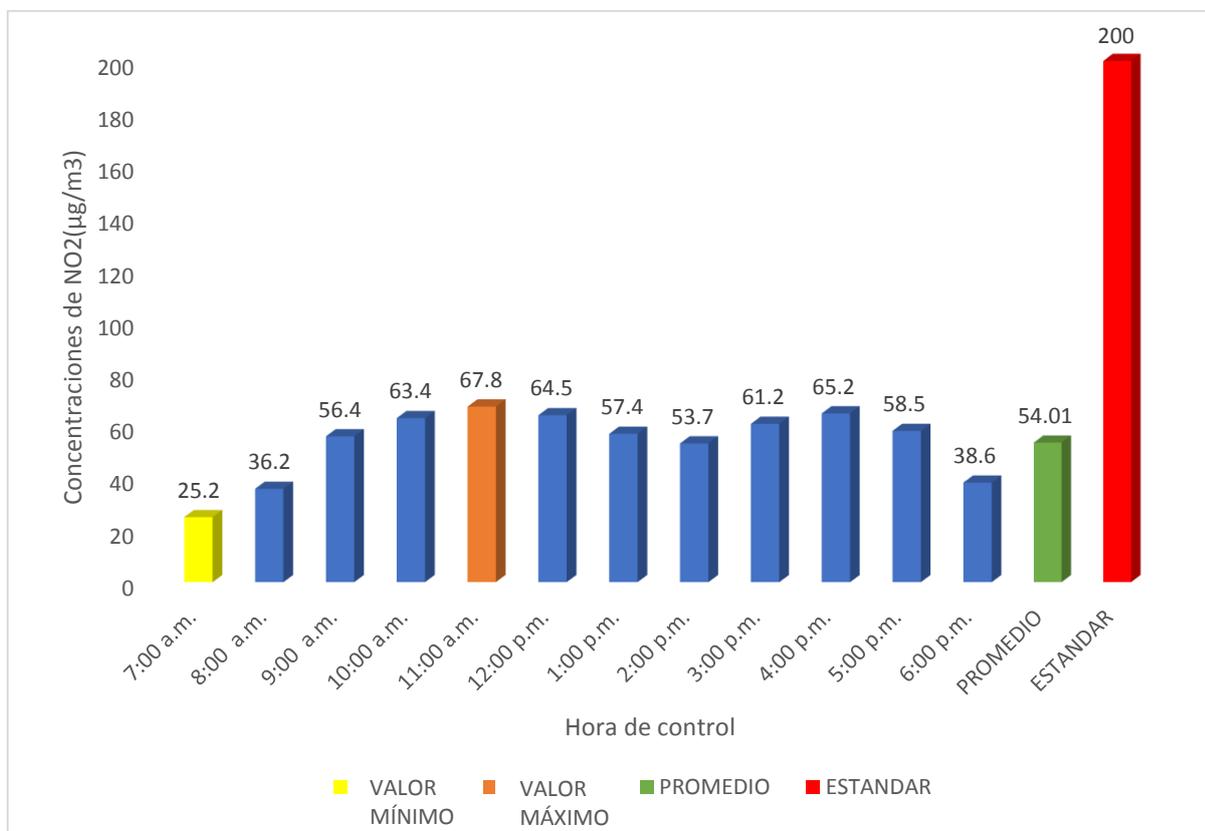
Figura 23. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en abril 2013

## Dióxido de Azufre

**Tabla 32**

*Concentración de Dióxido de Azufre en Chancadora Ajipampa en abril 2013*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	60.20
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	92.90
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	135.30
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	160.50
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	240.00
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	216.60
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	198.60
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	172.20
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	176.70
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	178.90
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	130.40
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	03/04/2013	78.60
<b>PROMEDIO</b>						153.41
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250 µg/m<sup>3</sup></b>						



**Figura 24.** Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013

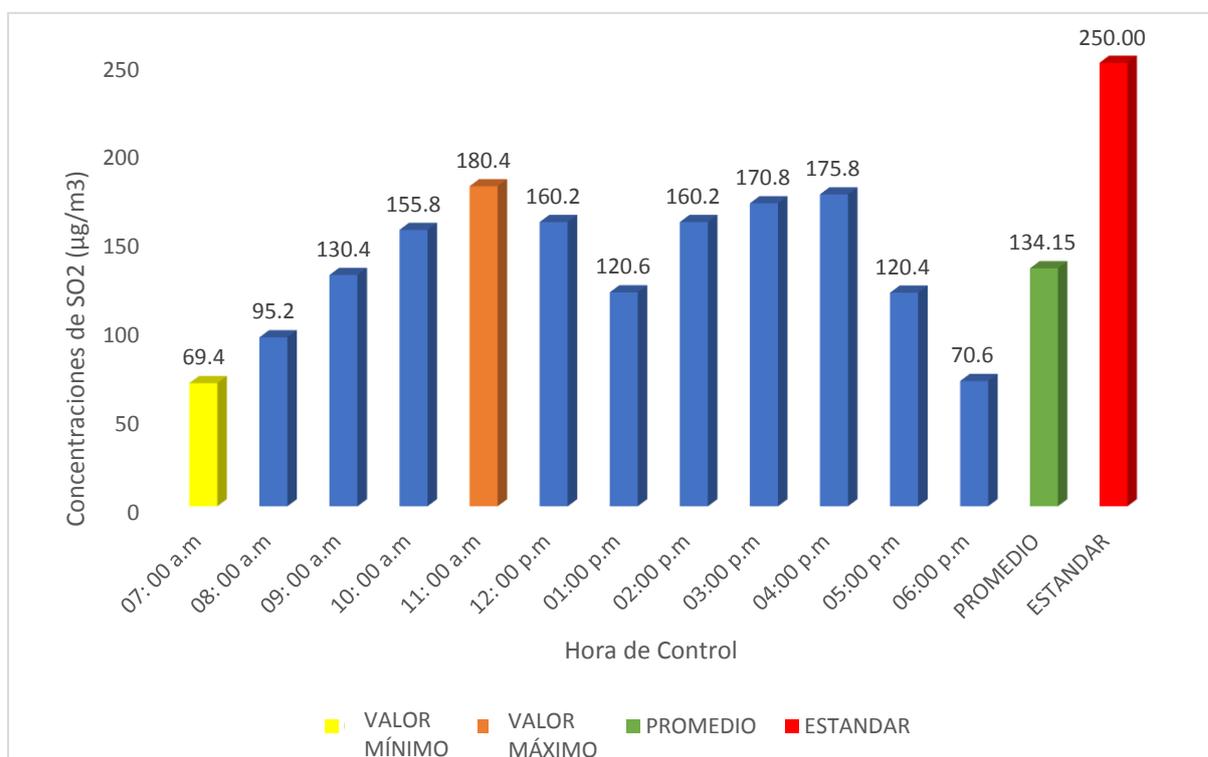
*Dióxido de Azufre*

**Tabla 33**

*Concentraciones de Dióxido de Azufre en la Cantera el Molino abril 2013*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	69.4
8:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	95.2
9:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	130.4
10:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	155.8
11:00 a.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	180.4
12:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	160.2
1:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	120.6
2:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	160.2
3:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	170.8
4:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	175.8
5:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	120.4
6:00 p.m.	Cantera el Molino	9283362	735539	1698	06/04/2013	70.6
<b>PROMEDIO</b>						134.15

**ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO<sub>2</sub> = 250 µg/m<sup>3</sup>**



*Figura 25. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013*

## Plaza de Armas de Cochabamba

### Dióxido de Azufre

**Tabla 34**

Concentraciones de Dióxido de Azufre en la Plaza de Armas de Cochabamba abril 2013

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de SO2 (µg/m³)
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	10.00
8:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	35.20
9:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	60.40
10:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	100.20
11:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	95.40
12:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	84.60
1:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	70.20
2:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	82.60
3:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	92.80
4:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	74.60
5:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	40.50
6:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/04/2013	12.50
<b>PROMEDIO</b>						63.25

**ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE SO2 = 250 µg/m³**

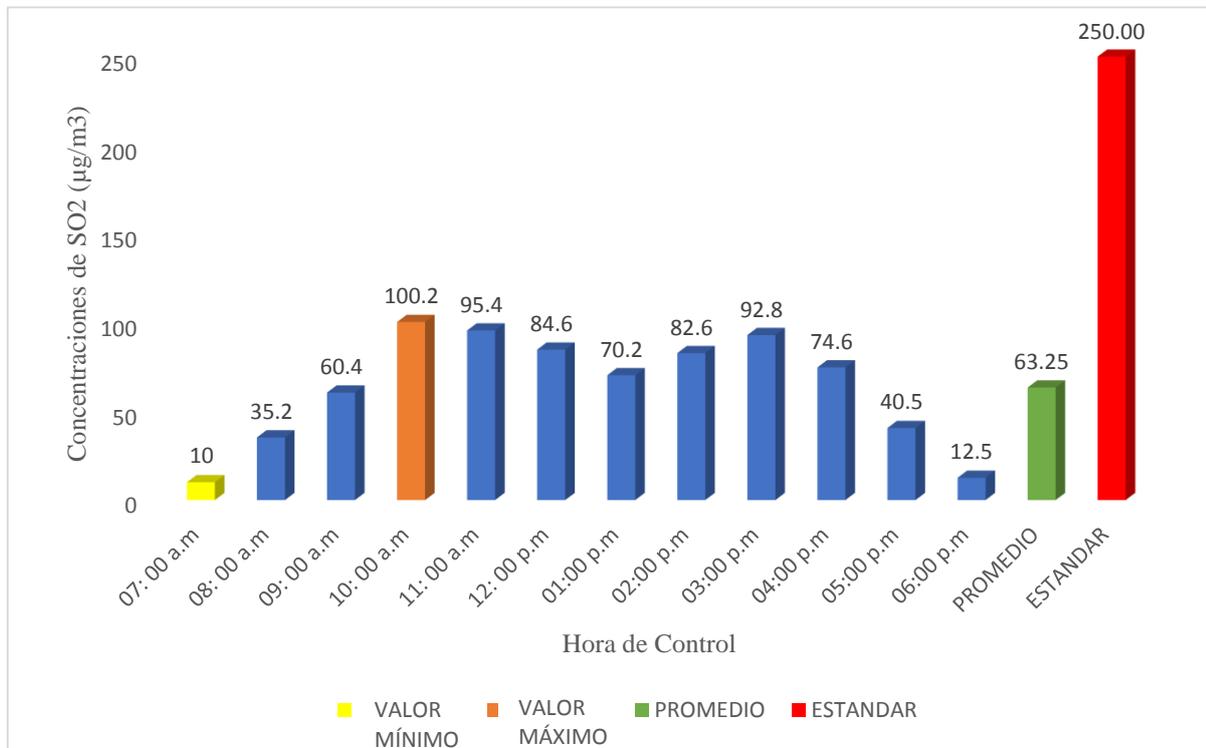


Figura 26. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Azufre en abril 2013

**Octubre 2013**

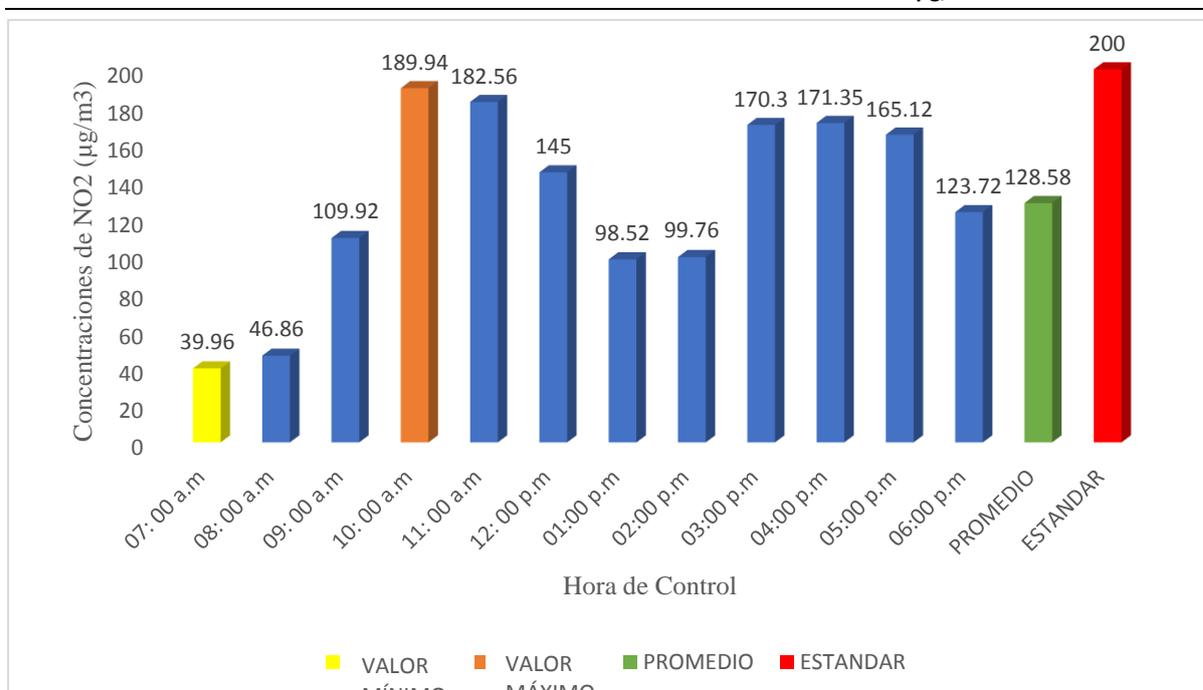
**Chancadora Doñana**

*Dióxido de Nitrógeno*

**Tabla 35.**

Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Doñana octubre 2013

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	39.96
8:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	46.86
9:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	109.92
10:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	189.94
11:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	182.56
12:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	145
1:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	98.52
2:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	99.76
3:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	170.3
4:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	171.35
5:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	165.12
6:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2228	30/09/2013	123.72
<b>PROMEDIO</b>						128.58
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO<sub>2</sub> = 200 µg/m<sup>3</sup></b>						



**Figura 27.** Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en octubre 2013

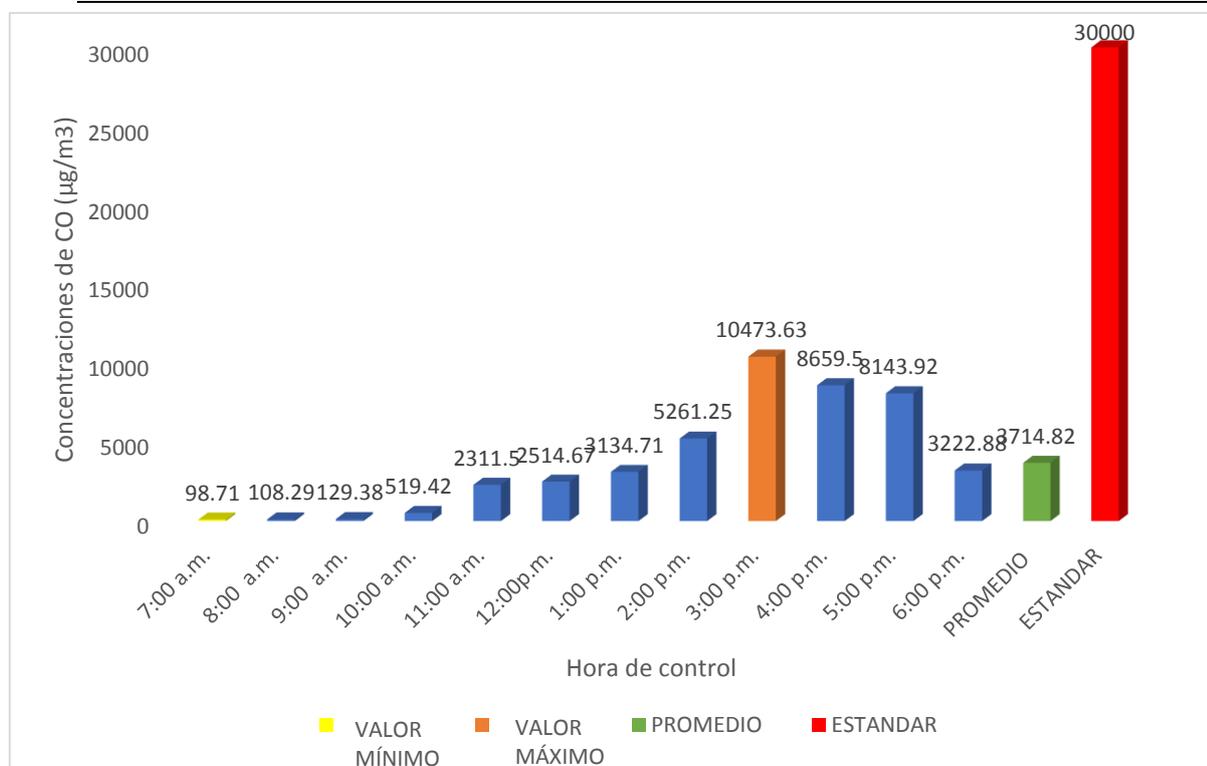
## Plaza de Armas de Cochabamba

### Monóxido de Carbono

**Tabla 36**

*Concentraciones de Monóxido de Carbono en la Plaza de Armas de Cochabamba octubre 2013*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	98.71
8:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	108.29
9:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	129.38
10:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	519.42
11:00 a.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	2311.5
12:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	2514.67
1:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	3134.71
2:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	5261.25
3:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	10473.63
4:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	8659.5
5:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	8143.92
6:00 p.m.	Plaza de Armas de Cochabamba	9283890	733848	1673	05/10/2013	3222.88
<b>PROMEDIO</b>						3714.82
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO = 30000<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>						



**Figura 28.** Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Monóxido de Carbono en octubre 2013

**Diciembre 2013**

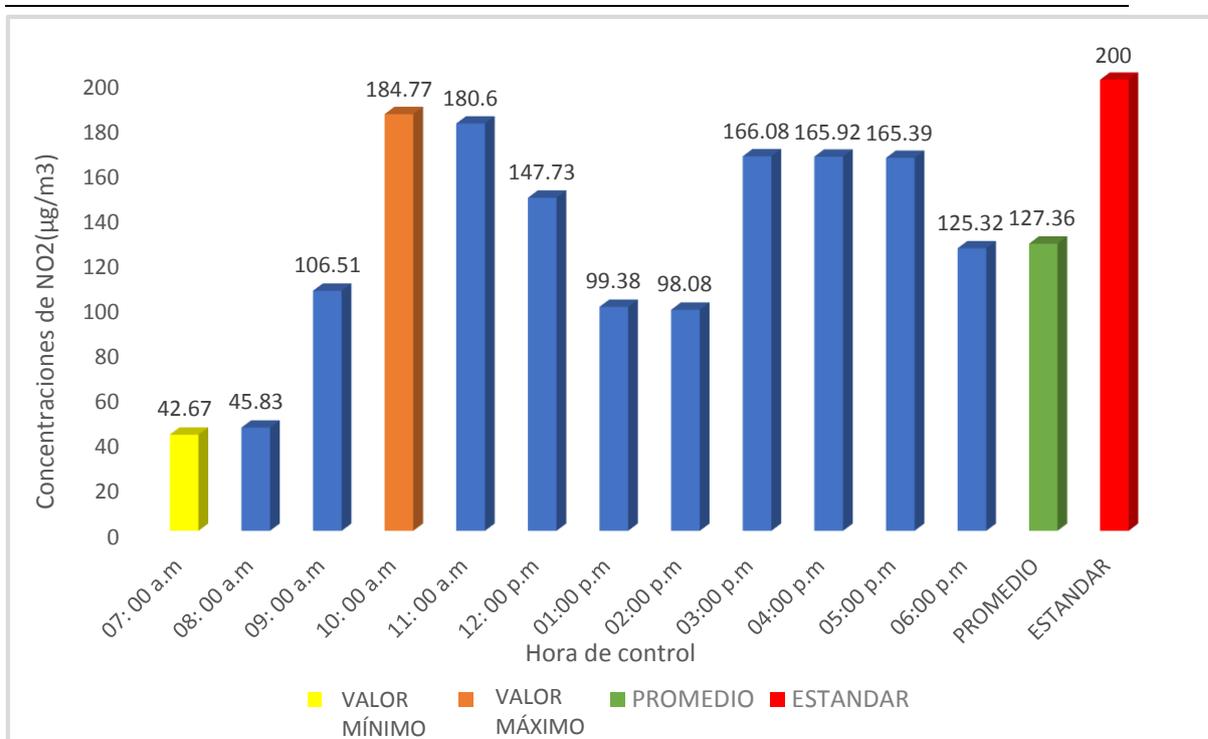
**Chancadora Doñana**

*Dióxido de Nitrógeno*

**Tabla 37**

*Concentración de Dióxido de Nitrógeno en la Chancadora Doñana diciembre 2013*

Hora de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO2 (µg/m³)
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	42.67
8:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	45.83
9:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	106.51
10:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	184.77
11:00 a.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	180.6
12:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	147.73
1:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	99.38
2:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	98.08
3:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	166.08
4:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	165.92
5:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	165.39
6:00 p.m.	Chancadora Doñana	9276850	755446	2224	03/12/2013	125.32
<b>PROMEDIO</b>						127.36
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO2 = 200µg/m³</b>						



*Figura 29. Gráfico de los Resultados de las Concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2013*

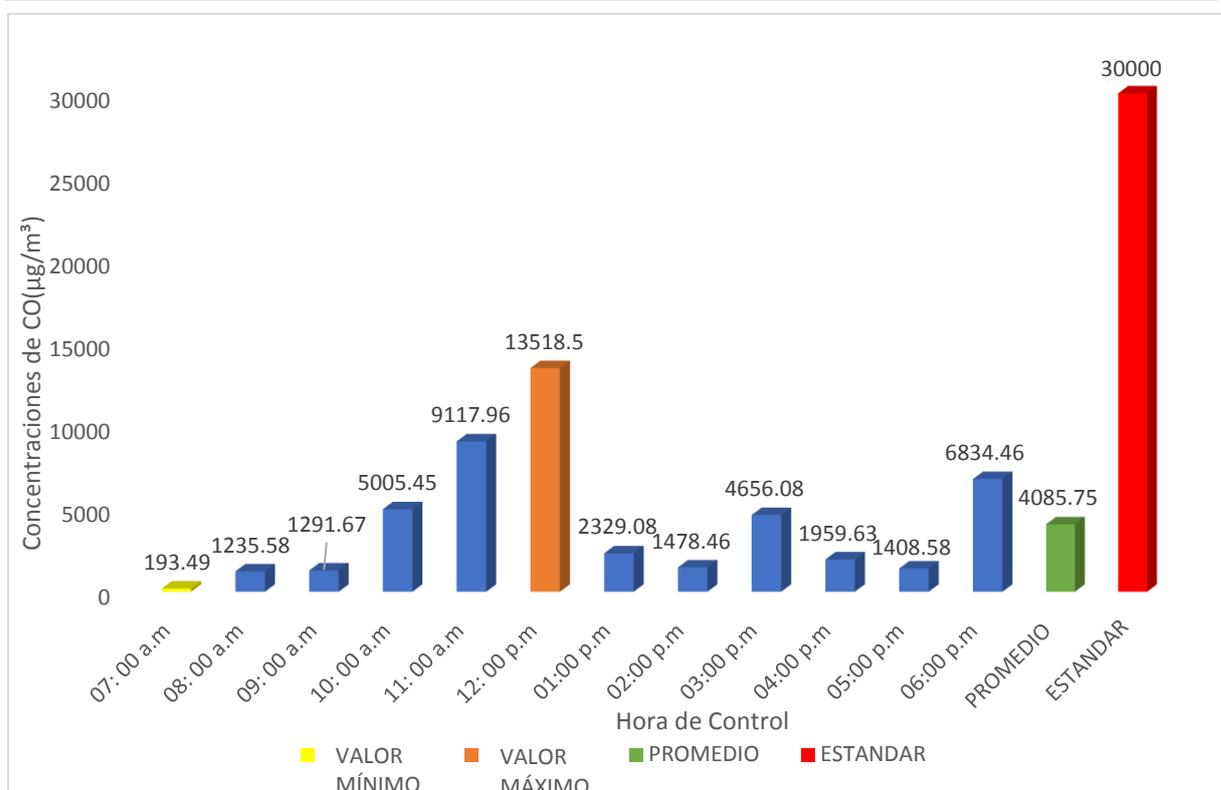
*Plaza de Armas de Lajas*

*Monóxido de Carbono*

**Tabla 38**

*Concentración de Monóxido de Carbono en Plaza de Armas de Lajas en diciembre 2013*

Punto de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	193.49
8:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	1235.58
9:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	1291.67
10:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	5005.45
11:00 a.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	9117.96
12:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	13518.5
1:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	2329.08
2:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	1478.46
3:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	4656.08
4:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	1959.63
5:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	1408.58
6:00 p.m.	Plaza de Armas de Lajas	9274286	750491	2141	08/12/2013	6834.46
<b>PROMEDIO</b>						4085.75
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO = 30000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>						



*Figura 30. Gráfico de los resultados de las concentraciones de Monóxido de Carbono en diciembre 2013*

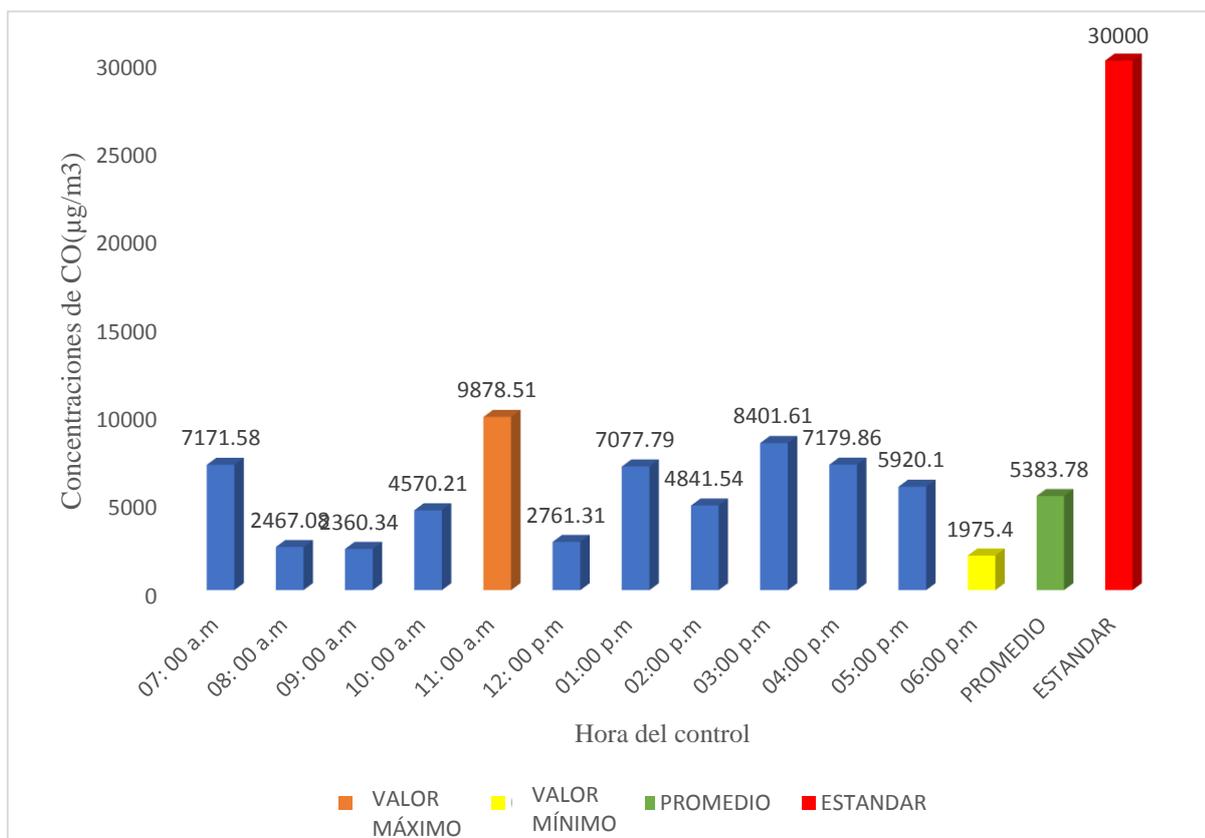
## Chancadora Ajipampa

### Monóxido de Carbono

**Tabla 39**

*Concentración de Monóxido de Carbono en la Chancadora Ajipampa en diciembre 2013*

Punto de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	7171.58
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	2467.08
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	2360.34
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	4570.21
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	9878.51
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	2761.31
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	7077.79
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	4841.54
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	8401.61
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	7179.86
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	5920.1
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	1975.4
<b>PROMEDIO</b>						5383.78
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE CO = 30000 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>						



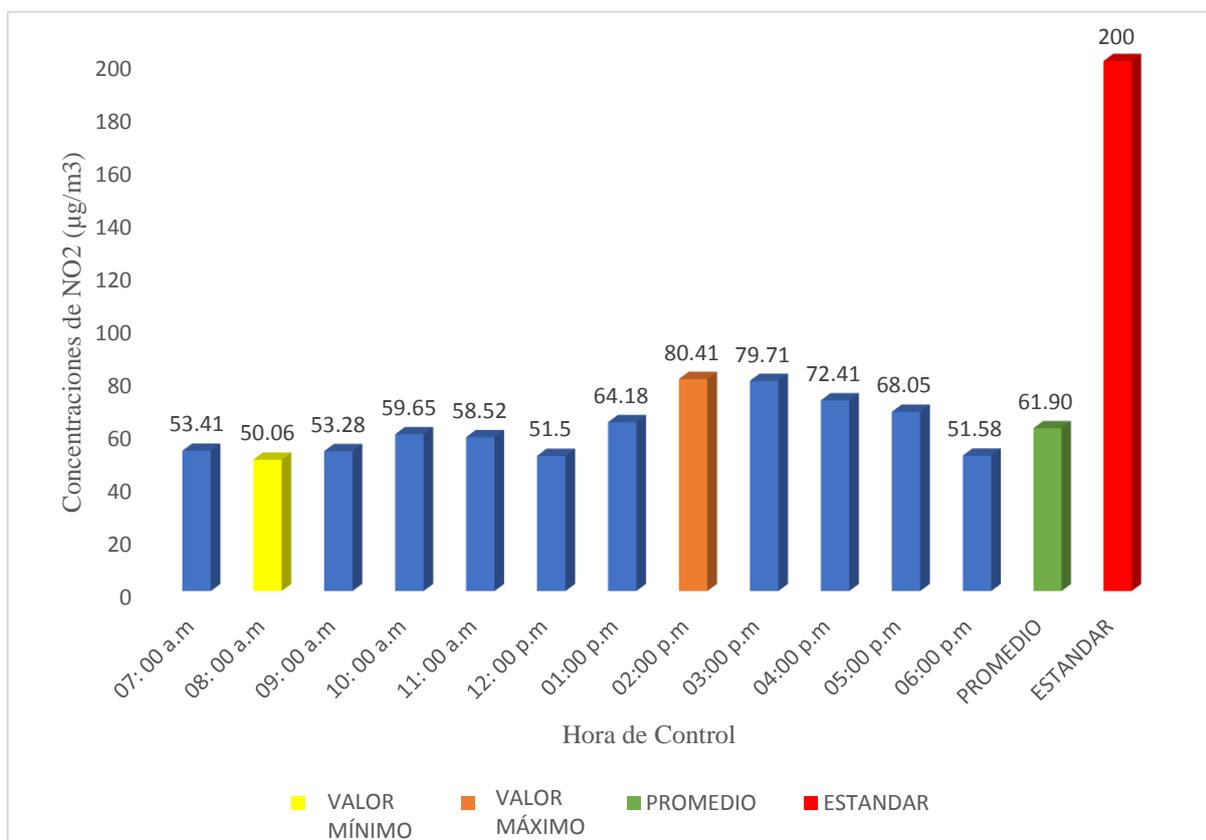
*Figura 31. Gráfico de los resultados de las concentraciones de Monóxido de Carbono en diciembre 2013*

## Dióxido de Nitrógeno

**Tabla 40**

*Concentración de Dióxido de Nitrógeno en Chancadora Ajipampa en diciembre 2013*

Punto de Control	Instalación/Punto de Muestreo/Ubicación	Coordenadas		Altitud m.s.n.m	Fecha de monitoreo	Concentraciones de NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
		Norte	Este			
7:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	53.41
8:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	50.06
9:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	53.28
10:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	59.65
11:00 a.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	58.52
12:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	51.5
1:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	64.18
2:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	80.41
3:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	79.71
4:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	72.41
5:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	68.05
6:00 p.m.	Chancadora Ajipampa	9275119	748535	2113	07/12/2013	51.58
<b>PROMEDIO</b>						61.90
<b>ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE NO<sub>2</sub> = 200 µg/m<sup>3</sup></b>						



**Figura 32.** Gráfico de los resultados de las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno en diciembre 2013

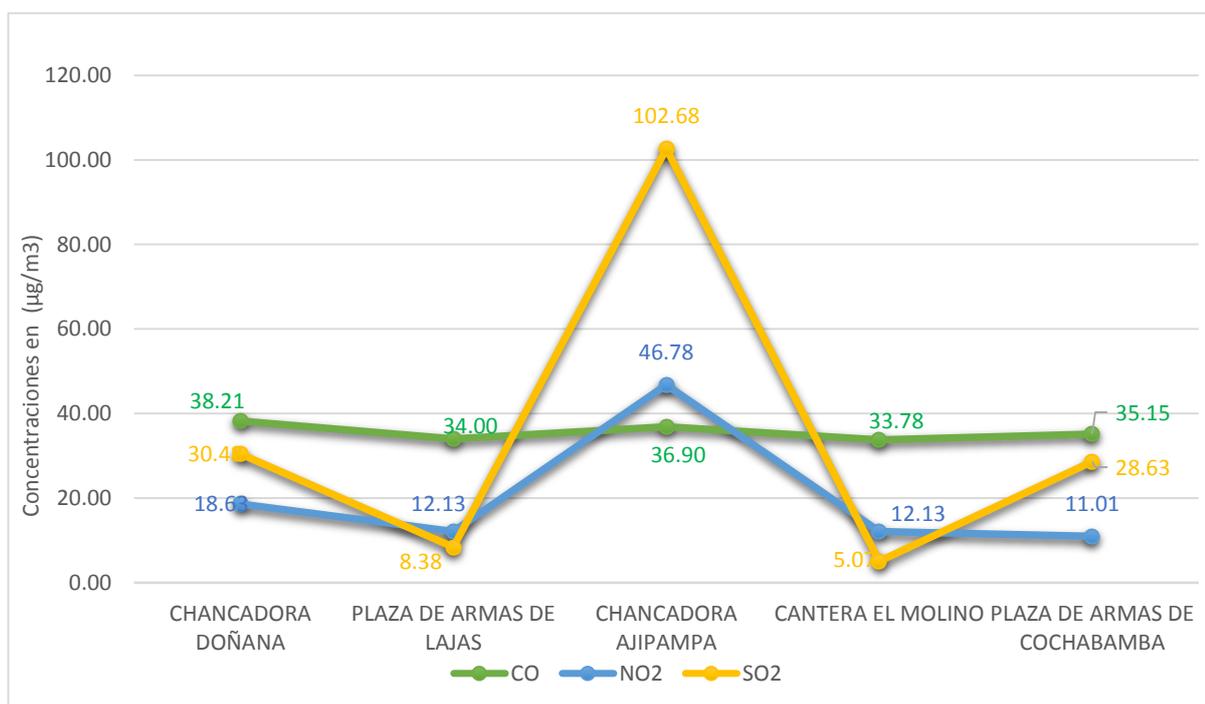
## Resultados según los meses monitoreados

*abril 2012*

**Tabla 41**

*Promedio de los Gases Monitoreados en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de abril 2012*

CODIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Norte	Este		CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
CD-1	9276850	755446	2228	38.21	18.63	30.48
PL-2	9274278	7504495	2147	34	12.13	8.38
CA-3	9275660	748277	2082	36.9	46.78	102.68
CM-4	9283697	735797	1715	33.78	12.13	5.07
PC-5	9283782	733942	1683	35.15	11.01	28.63



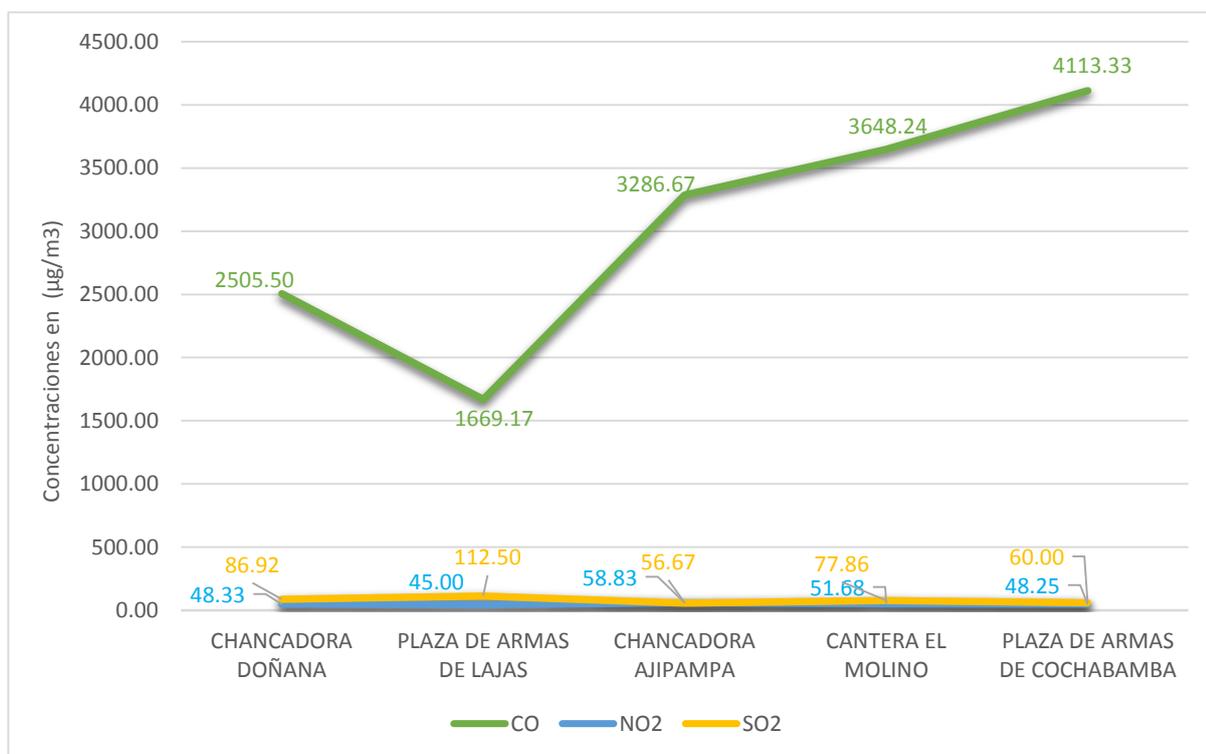
*Figura 33. Promedio del monitoreo de los gases CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en el mes de abril 2012 en los cinco puntos de monitoreo*

diciembre 2012

**Tabla 42**

*Promedio de los Gases en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de diciembre 2012*

CODIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Norte	Este		CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
CD-1	9276850	755446	2228	2505.50	48.33	86.92
PL-2	9274278	7504495	2147	1669.17	45.00	112.50
CA-3	9275660	748277	2082	3286.67	58.83	56.67
CM-4	9283697	735797	1715	3648.24	51.68	77.86
PC-5	9283782	733942	1683	4113.33	48.25	60.00



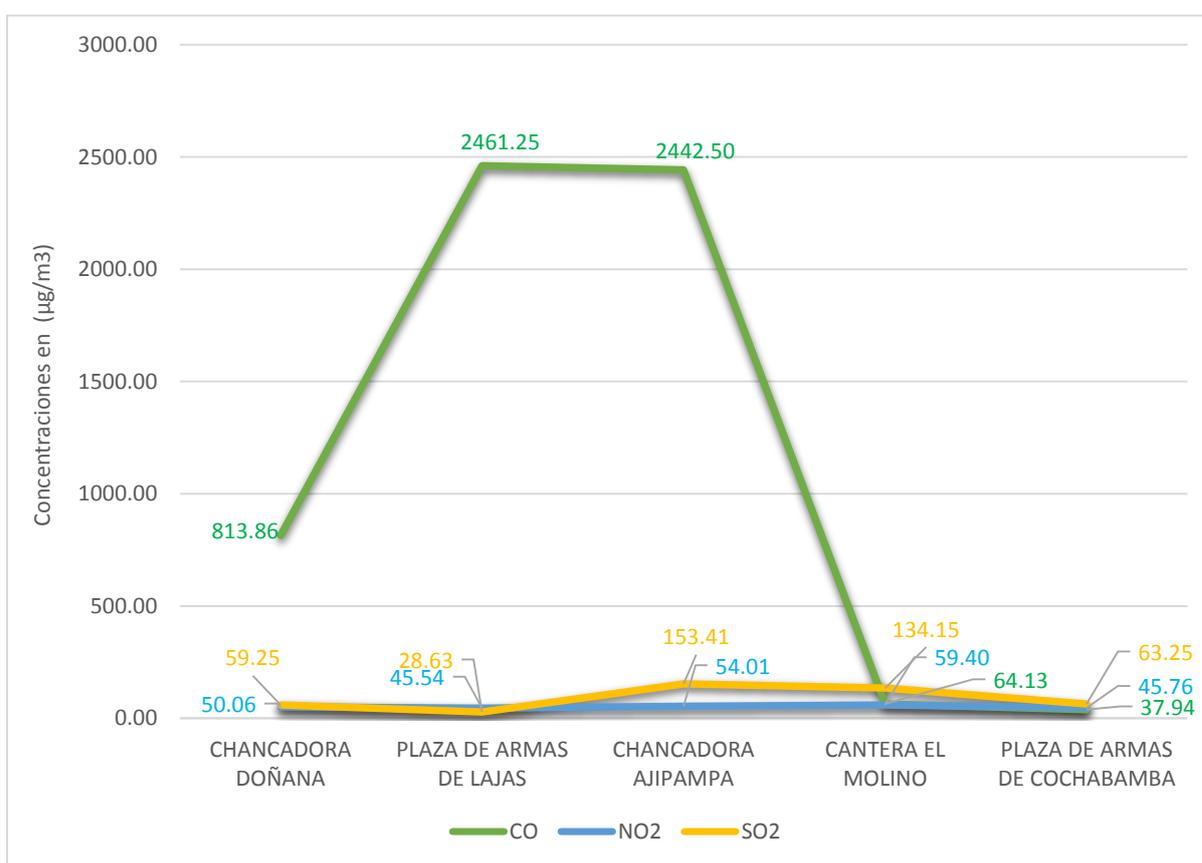
*Figura 34. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en el Mes de diciembre 2012 en los Cinco Puntos de Monitoreo*

abril 2013

**Tabla 43**

*Promedio de los Gases Monitoreados en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de abril 2013*

CODIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Norte	Este		CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
CD-1	9276850	755446	2228	813.86	50.06	59.25
PL-2	9274278	7504495	2147	2461.25	45.54	28.63
CA-3	9275660	748277	2082	2442.50	54.01	153.41
CM-4	9283697	735797	1715	64.13	59.40	134.15
PC-5	9283782	733942	1683	37.94	45.76	63.25



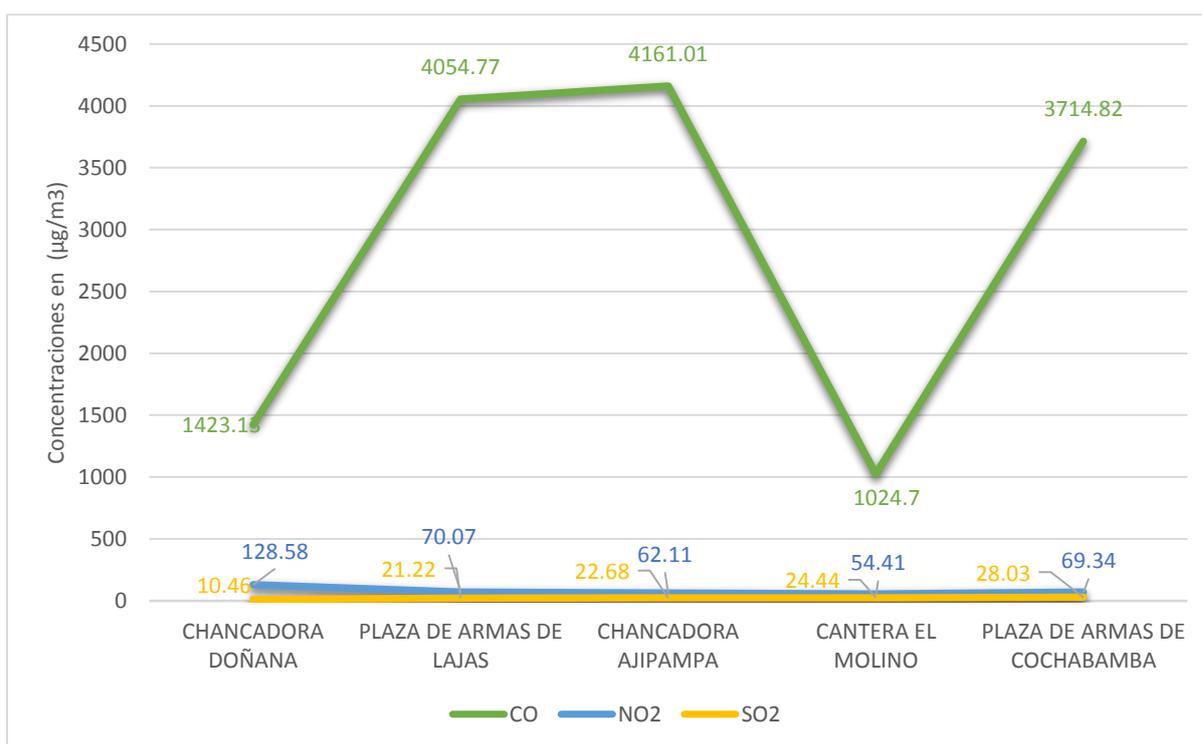
*Figura 35. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en el Mes de abril 2013 en los Cinco Puntos de Monitoreo*

octubre 2013

**Tabla 44**

*Promedio de los Gases en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de octubre 2013*

CODIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Norte	Este		CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
CD-1	9276850	755446	2228	1423.13	128.58	10.46
PL-2	9274278	7504495	2147	4054.77	70.07	21.22
CA-3	9275660	748277	2082	4161.01	62.11	22.68
CM-4	9283697	735797	1715	1024.7	54.41	24.44
PC-5	9283782	733942	1683	3714.82	69.34	28.03



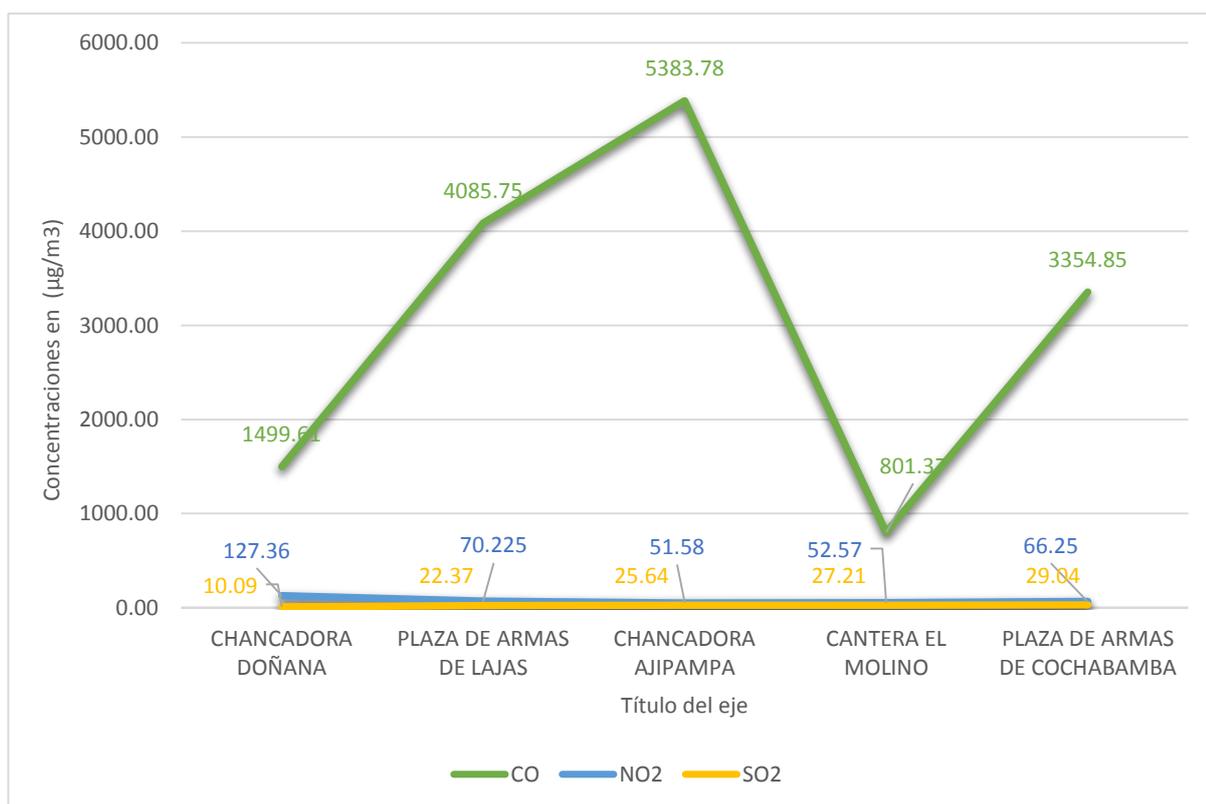
*Figura 36. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en el Mes de octubre 2013 en los Cinco Puntos de Monitoreo.*

*diciembre 2013*

**Tabla 45**

*Promedio de los Gases en los Cinco Puntos de Monitoreo en el Mes de diciembre 2013*

CODIGO	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)	Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Norte	Este		CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
CD-1	9276850	755446	2228	1499.61	127.36	10.09
PL-2	9274278	7504495	2147	4085.75	70.225	22.37
CA-3	9275660	748277	2082	5383.78	51.58	25.64
CM-4	9283697	735797	1715	801.37	52.57	27.21
PC-5	9283782	733942	1683	3354.85	66.25	29.04



*Figura 37. Promedio del Monitoreo de los Gases CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en el Mes de diciembre 2013 en los Cinco Puntos de Monitoreo*

## Fotos



Mostacero I. (2013). Ilustración del equipo en la plaza de armas de Lajas



Mostacero I. (2013). Ilustración del equipo utilizado para el monitoreo de los gases estudiados



Mostacero I. (2013). Ilustración del manejo del equipo en la plaza de armas de Lajas por el especialista



Mostacero I. (2013). Ilustración del equipo en la cantera El Molino