

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**Escuela de Posgrado**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PROPUESTA DE UN PLAN AMBIENTAL PARA EL MONITOREO Y  
MITIGACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO MP10, DEL RUIDO  
Y DE LOS GASES CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>, PARA MEJORAR LA  
CALIDAD DEL AIRE EN EL MALECÓN DE ATRAQUE  
AL SERVICIO DEL PERÚ, ARICA - 2015**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**SEGUNDO FREDDY AGUILAR MONTERREY**

**Para optar el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TACNA - PERÚ**


**2019**


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA  
ESCUELA DE POSGRADO


**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**


PROPUESTA DE UN PLAN AMBIENTAL PARA EL MONITOREO Y  
MITIGACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO MP10, DEL RUIDO  
Y DE LOS GASES CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>, PARA MEJORAR LA  
CALIDAD DEL AIRE EN EL MALECÓN DE ATRAQUE  
AL SERVICIO DEL PERÚ, ARICA - 2015

Tesis sustentada y aprobada el día sábado 04 de mayo de 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :   
.....  
Dr. Edilberto Pablo Mamani López

SECRETARIO :   
.....  
Dr. Alberto Bacilio Quispe Cohaila

MIEMBRO :   
.....  
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

ASESOR :   
.....  
Dr. Julio Miguel Fernández Prado

## **DEDICATORIA**

A Tacna, Ciudad Heroica, con emoción,  
le dedico esta investigación.

Por convertir a mis hijos en buenos profesionales  
y donde mis nietos abrieron sus ojitos  
por primera vez,  
por eso, siempre llevaré  
a Tacna en mi corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

A toda mi familia, en especial a mi esposa, quien supo comprender las muchas horas dedicadas a esta hermosa tarea de investigar .

## CONTENIDO

	Pág.
Página de Jurados	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Contenido	v
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	x
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>4</b>
1.1 Descripción del problema	4
1.1.1. Antecedentes del problema	6
1.1.2. Problemática de la investigación	13
1.2. Formulación del problema	21
1.3. Importancia del problema y justificación del trabajo	21
1.3.1. Importancia del Trabajo	21
1.3.2. Justificación del Trabajo	22
1.4. Alcances y limitaciones	22
1.4.1. Alcances.	22
1.4.2. Limitaciones.	23
1.5. Objetivos de la investigación	23
1.5.1. Objetivo General	23
1.5.2. Objetivos Específicos	23
1.6. Hipótesis	24
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO</b>	<b>25</b>
2.1. Antecedentes del estudio	25
2.2 Bases teóricas e informes técnicos	26

2.2.1. Experiencias de control ambiental en puertos	28
2.2.2. Composición del aire	31
2.2.3. Problemas ambientales	36
2.2.4. Efectos en la salud humana del MP <sub>10</sub> , de gases SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , CO y del ruido	41
2.3. Definición de términos	56
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>59</b>
3.1. Tipo y diseño de la investigación	59
3.2. Población y muestra	60
3.2.1. La población	60
3.2.2. La muestra	60
3.3. Operacionalización de variables	62
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos	63
3.4.1. La técnica y la estrategia de trabajo	63
3.4.2. Instrumentos y técnicas para recolección de datos	65
3.5. Procesamiento y análisis de datos	69
3.5.1. Material particulado MP10	70
3.5.2. Medida del ruido	73
3.5.3. Medida del monóxido de carbono – CO	75
3.5.4. Medida del dióxido de carbono - CO <sub>2</sub>	78
3.5.5. Medida de dióxido de nitrógeno	80
3.5.6. Medida de dióxido de azufre	83
<b>CAPÍTULO IV: MARCO FILOSÓFICO</b>	<b>87</b>
4.1. El aire es la fuente de la vida	88
4.2. Aumenta el calentamiento global	88
4.3. Preparar medidas de prevención	89
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS DEL PROCESO</b>	<b>91</b>
5.1. Cuantificación y resultados de indicadores de MP10	91
5.2. Cuantificación y resultados de ruidos	95
5.3. Cuantificación y resultados de gases CO, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> y SO <sub>x</sub>	95
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN</b>	<b>103</b>
6.1. Material particulado MP10	103

6.2.	Intensidad de ruido – horario diurno	106
6.3.	Intensidad de ruido – Horario nocturno	109
6.4.	Gas contaminante monóxido de carbono – CO	112
6.5.	Gas contaminante dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	115
6.6.	Gas contaminante: Dióxido de nitrógeno - NO <sub>2</sub>	118
6.7.	Gas contaminante: dióxido de azufre - SO <sub>2</sub>	121
	CONCLUSIONES	126
	RECOMENDACIONES	128
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
	ANEXOS	132

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Impactos ambientales en Instalaciones Portuarias (IP)	10
Tabla 2. Límites Máximos Permisibles Chile	19
Tabla 3. Estándares de calidad ambiental para aire en el Perú	20
Tabla 4. Composición del aire a nivel superficial	33
Tabla 5. Parámetros a monitorear para conocer la calidad del aire	51
Tabla 6. Fuentes y Contaminantes	52
Tabla 7. Presencia de gases contaminantes en el aire, sus orígenes y los principales efectos producidos en la salud humana	56
Tabla 8. Personal administrativo y operativo del MASP	61
Tabla 9. Estaciones de Monitoreo	64
Tabla 10. Condiciones Meteorológicas para realizar muestreos	64
Tabla 11. Proceso de Pre Muestreo para detectar MP <sub>10</sub>	71
Tabla 12. Proceso de Post Muestreo para detectar MP <sub>10</sub>	72
Tabla 13. Valores referenciales de los estándares de ruido	75
Tabla 14. Característica Técnicas de Sensor Trotec MG20	77
Tabla 15. Efectos de SO <sub>2</sub> en seres humanos	85
Tabla 16. LMP SO <sub>2</sub>	85
Tabla 17. Alerta para SO <sub>2</sub>	86
Tabla 18. Resultados de MP <sub>10</sub> en frente de atraque	97
Tabla 19. Resultados de gases frente de atraque	98
Tabla 20. Resultados de ruidos en frente de atraque	99
Tabla 21. Resultados de MP <sub>10</sub> en patio de contenedores	100
Tabla 22. Resultados de gases en el patio de contenedores	101
Tabla 23. Resultado de ruidos en patio de contenedores	102
Tabla 24. Concentración de MP <sub>10</sub> en frente de atraque y patio de contenedores	103
Tabla 25. Intensidad de ruido en el frente de atraque y patio de contenedores durante las horas del día	106
Tabla 26. Intensidad de ruido en la noche	109

Tabla 27. Concentración de CO en el frente de atraque y patio de contenedores	112
Tabla 28. Concentración de CO <sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores	115
Tabla 29. Concentración de NO <sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores	118
Tabla 30. Concentración de SO <sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores	120
Tabla 31. Valores del índice de calidad del aire	124
Tabla 32. Cuidados y recomendaciones según categoría de calidad del aire	125
Tabla 33. Encuesta a trabajadores de ENAPU S.A.	163
Tabla 34. Registro del número de horas con el motor encendido de barcos, grúas stakers, camiones de carga y montacargas	168

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del Muelle del Perú (MASP) en el Complejo Portuario de Arica	8
Figura 2. Zona de Influencia del Complejo Portuario Arica en la zona urbana aledaña al puerto	9
Figura 3. Barco de carga, recién amarrado al muelle del TPA para inicio de carga/descarga de contenedores	14
Figura 4. La mayor cantidad de SO <sub>2</sub> en el 2020 la generará el transporte marítimo	17
Figura 5. Efectos de los contaminantes del aire en la salud	36
Figura 6. Efectos de los contaminantes comunes del aire	43
Figura 7. Origen de gases contaminantes	50
Figura 8. Equipo muestreador de MP10	66
Figura 9. Instalación de equipo muestreador MP10	67
Figura 10. Sonómetro Quest Mod. SoundPro.	74
Figura 11. Sensor de CO Trotec Mod. Bg20	76
Figura 12. Sensor CO <sub>2</sub> PCE Instruments Mod. 7755	79
Figura 13. Sensor de NO <sub>x</sub> PCE Instruments Mod. Grasman	81
Figura 14. Sensor de SO <sub>x</sub> Marca Bestone Mod. Meter	84
Figura 15. Concentración de MP10 en frente de atraque	104
Figura 16. Concentración de MP10 en patio de contenedores	105
Figura 17. Intensidad de ruido en el día – Estación de monitoreo 01	107
Figura 18. Intensidad de ruido en el día – Estación de monitoreo 02	108
Figura 19. Intensidad de ruido en la noche – Estación de monitoreo 01 – Frente de ataque	110
Figura 20. Intensidad de ruido en la noche – Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores	111
Figura 21. Concentración de monóxido de carbono – CO Estación de monitoreo 01 – Frente de atraque	113

Figura 22.	Concentración de monóxido de carbono – CO	
	Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores	114
Figura 23.	Concentración de dióxido de carbono – CO <sub>2</sub>	
	Estación de monitoreo 01 – Frente de atraque	116
Figura 24.	Concentración de dióxido de carbono – CO <sub>2</sub>	
	Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores	117
Figura 25.	Concentración de dióxido de nitrógeno – NO <sub>2</sub>	
	Estación de monitoreo 01 – Frente de atraque	119
Figura 26.	Concentración de dióxido de nitrógeno – NO <sub>2</sub>	
	Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores	120
Figura 27.	Concentración de dióxido de azufre – SO <sub>2</sub>	
	Estación de monitoreo 01 – Frente de atraque	122
Figura 28.	Concentración de dióxido de azufre – SO <sub>2</sub>	
	Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores	123
Figura 29.	Plan ambiental	164
Figura 30.	Tiempo en el MASP	165
Figura 31.	Olores extraños	166
Figura 32.	Ruidos	167
Figura 33.	Horas que están encendidos los motores de los barcos	169
Figura 34.	Gráfica de horas motores grúas stakers	170
Figura 35.	Motores de camiones de carga	171
Figura 36.	Horas motores encendidos de montacargas	172
Figura 37.	Registro de 30 días de monóxido de C (CO) ug/m <sup>3</sup>	175
Figura 38.	Registro de 30 días de dióxido de C (CO <sub>2</sub> ) ug/m <sup>3</sup>	176
Figura 39.	Registro de 30 días de dióxido de N (NO <sub>2</sub> ) ug/m <sup>3</sup>	177
Figura 40.	Registro de 30 días de dióxido de S (SO <sub>2</sub> ) ug/m <sup>3</sup>	178

## Resumen

En el diario La Tercera (2011) de Chile se publicó que, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud – OMS, la calidad del aire en la ciudad de Arica era muy perjudicial para la población ya que la media anual de las partículas MP10, aquellas que pueden entrar a los pulmones y llegar al torrente sanguíneo para provocar cardiopatías, cáncer de pulmón, asma, infecciones respiratorias agudas, etc. llegaba a medir 41 ug/m<sup>3</sup> (microgramos por metro cúbico de aire) cuando el límite máximo permisible era de 20 ug/m<sup>3</sup>. Como Administrador del Malecón de Atrache al Servicio del Perú-MASP, en Arica, se quería conocer en qué magnitud dicha contaminación estaba afectando a la comunidad peruana del muelle. Se Tuvo que hacer un diagnóstico de la situación ambiental del MASP y con esfuerzo se pudo trazar una correcta línea de investigación para alcanzar el objetivo de proponer un plan estratégico ambiental para mejorar la calidad del aire en el MASP. Las valiosas enseñanzas de los profesores de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann fueron el aliciente que permitieron plantear el problema, definir objetivos, determinar la hipótesis y establecer las variables que participan en el trabajo, para luego, recopilar, ordenar, presentar e interpretar la información estadística obtenida a partir de los datos recopilados. Por último, después de las mediciones de los agentes contaminantes del aire y de un exhaustivo análisis de laboratorio, se pudo establecer las respectivas conclusiones y recomendaciones.

**Palabras clave:** *Malecón de atraque, calidad del aire, contaminación, gestión ambiental.*

## **Abstract**

In 2011, it was published in the Chilean newspaper “La Tercera”, that according to the World Health Organization, the quality of the air in the city of Arica was very detrimental to the population, because the annual average of the particles PM10 –those which can enter the lungs and reach the bloodstream to cause heart disease, lung cancer, asthma, acute respiratory infections, etc.– came to measure 41 ug/m<sup>3</sup> (micrograms per cubic meter of air) when the maximum permissible limit was 20 ug/m<sup>3</sup>. As the administrator of the mooring pier to the service of Peru-MASP, in Arica, I wanted to know what extent such pollution was affecting the Peruvian community at the dock. They had to make a diagnosis of the environmental situation of the MASP and due to hard work; we were able to trace a correct line of research to achieve the objective of proposing an environmental strategic plan to improve the quality of the air at the MASP. The valuable teachings of professors in the School of Graduate Studies at Jorge Basadre Grohmann State University were the incentive that set the problem solving by defining objectives, determining the hypothesis and setting the variables involved in this work in order to collect, sort, present and interpret statistical information derived from the data collected. Finally, after the measurements of the pollutants of air and a thorough laboratory analysis, the respective conclusions and recommendations could be established.

**Key words:** *Mooring pier, air quality, pollution, environmental management.*

## INTRODUCCIÓN

El Desarrollo Sostenible es un concepto moderno e importante porque incluye aspectos sociales, económicos, biológicos, antropológicos, etc. que conducen al racional uso de los recursos disponibles por una comunidad para que esté en condiciones de satisfacer sus necesidades actuales sin perjudicar a las generaciones venideras. Los profesionales en general, y los ingenieros de la producción en especial, deben tener cabal conocimiento del Desarrollo Sostenible porque en la aplicación de sus respectivas actividades, permanentemente están haciendo uso de recursos naturales para la manufactura de artículos de consumo y su eficiente utilización no solo debe de medirse en términos de rendimiento económico sino, preponderantemente, en la sostenibilidad.

Una fábrica de ladrillos que utiliza para sus hornos petróleo de baja calidad o que hace uso de neumáticos usados para quemarlos con el fin de aumentar la temperatura de sus hornos de cocción, tal vez tenga un importante rendimiento económico pero su contribución a la mejora ambiental es nulo lo cual convierte a la empresa en un declarado enemigo de la comunidad ya que esta se ve perjudicada en su salud por la emisión de gases contaminantes; Del mismo modo, una pollería puede gozar de un notable éxito en la venta de su “pollos a la brasa” pero si está utilizando un carbón contaminante, los comensales estarán siendo ambientalmente agredidos pues la combustión del carbón genera gases que contaminan el ambiente. Se podrían presentar muchísimos otros ejemplos donde la ausencia del concepto “Desarrollo Sostenible” está definitivamente ausente.

Las universidades, felizmente en su gran mayoría, han asumido un importante papel en la defensa y mejora del medio ambiente y en sus respectivas escuelas profesionales de todas sus facultades están incorporando cursos de ecología,

gestión ambiental, desarrollo sostenible, impactos ambientales, ciencia y ambiente, etc. Los alumnos ingresantes a las diversas escuelas profesionales desde sus primeros ciclos están siendo impregnados de los nuevos términos de referencia ambiental y su compromiso con su entorno ecológico es mucho más evidente que antaño.

En ese contexto (cuando el investigador del presente estudio realizó sus estudios de posgrado en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible en la Universidad Jorge Basadre Grohmann y a la vez, como Administrador del Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica - MASP) que aparece en un medio de comunicación de Chile que en la comuna metropolitana de Arica, justamente la zona donde se ubica el complejo portuario, se presentan altos niveles de contaminación del aire y, al mismo tiempo se notó la carencia de un plan ambiental en el muelle peruano. Así surge la imperiosa necesidad de dotar al Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica (MASP), de un Plan Estratégico para Mejorar la Calidad del Aire.

Es importante entender que el MASP, también conocido por los peruanos como el “El Muelle del Perú “ y por los chilenos como “El Sitio 7”, es un muelle que está al servicio del Perú a perpetuidad pero no goza de soberanía peruana por estar en territorio chileno. Forma parte del Terminal Portuario de Arica que dispone de 7 sitios para atraque de naves, siendo precisamente el sitio o muelle número siete el que está asignado al Perú.

El presente trabajo se ha dividido en seis capítulos que se explican a continuación:

En el Capítulo I se presenta el Planteamiento del Problema identificando los elementos que determinan la calidad del aire en el MASP y, a la vez, observar la ausencia de un Plan Ambiental que enfrente a dicho problema.

En el Capítulo II se desarrolla el Marco Teórico que permite entender cómo en las experiencias similares para mejorar la calidad del aire llevadas a cabo en puertos de otros países se han logrado destacados éxitos.

En el Capítulo III se desarrolla de manera amplia la Metodología del Plan, que tiene como objetivo levantar información a través de monitoreos en dos zonas del MASP y, con ello, resaltar los aspectos centrales de la investigación para determinar en detalle los puntos críticos que deben de enfrentarse con un Plan Ambiental.

En el Capítulo IV se presentan los resultados que se han obtenido a partir de los trabajos de campo y, posteriormente en los cálculos de laboratorio.

En el Capítulo V se presenta la Propuesta de un Plan Ambiental para Mejorar la Calidad del Aire en el MASP.

En la parte final de la investigación se exponen las Conclusiones del Trabajo y las principales Recomendaciones que deberían aplicarse para lograr el objetivo de mejorar calidad del aire en el MASP.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción del problema**

El Plan Estratégico es, en términos generales, un programa de actuación que consiste en definir de manera clara y directa lo que se pretende conseguir y cómo se propone conseguirlo. Esta programación se plasma en un documento de consenso donde se concretan las grandes decisiones que van a orientar la marcha hacia la gestión de excelencia.

Cuando se habla de la elaboración de un Plan Estratégico Ambiental para el Monitoreo de la Calidad del Aire en un recinto portuario, como es el MASP, naturalmente, se considera que es de carácter prioritario conocer la visión ambiental de la empresa, para que, a partir de allí, se pueda trazar un mapa que le señale a cada miembro de la organización los pasos a seguir para alcanzar dicha visión.

A pesar de la trascendencia de un Plan Estratégico Ambiental en una instalación portuaria el muelle peruano en Arica no lo tiene pues son contados los puertos que disponen de este documento debido a diversas razones, siendo la más importante aquella que afirma que, antes que un Plan Estratégico Ambiental, es mejor una Norma de Certificación ISO 14001, con la cual se obtiene un reconocimiento internacional. Lo anterior es correcto, sin embargo es también válido preguntarse si el costo para obtener y mantener esa acreditación está sólidamente justificada por los beneficios.

Se debe recordar que existen instalaciones portuarias que realizan sus actividades movilizand o volúmenes de carga de diferentes magnitudes y, así como existen empresas industriales transnacionales, grandes, medianas, pequeñas y microempresas, también ocurre lo mismo con las instalaciones portuarias, donde existen unas pocas que movilizan millones de toneladas al año y muchas otras con escaso movimiento y, por lo tanto, por el elevado costo que esto significa, no todas están en condiciones de obtener una acreditación ISO 14001.

El Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica, no dispone de un Plan Estratégico Ambiental, razón por la cual, su estructura organizativa no tiene una visión ambiental por alcanzar; Careciendo de ello, no es posible concretar los proyectos en acciones, ni tampoco plantear de manera coherente las metas, los objetivos, las reglas, las tendencias y, mucho menos, el proceso de verificación de los resultados y su posterior contrastación.

En primer lugar, se debe iniciar la Propuesta Estratégica Ambiental conociendo lo que es una instalación portuaria y las actividades que se desarrollan en este recinto. Además, en segundo lugar, se debe de hacer un diagnóstico de la situación ambiental, detectando, entre otros importantes aspectos, las fuentes de contaminación del aire, para que, en tercer lugar, se puedan plantear las adecuadas medidas de control y mitigación.

Es importante definir correctamente lo que significa un puerto y conocer las principales actividades que se desarrollan en su interior, ya que a partir de este conocimiento básico se podrá entender mejor los aspectos e impactos ambientales que se producen, la forma de medirlos y la manera de mitigarlos.

### **1.1.1. Antecedentes del problema**

En primer lugar, para presentar adecuadamente este aspecto de los antecedentes del problema, es necesario conocer lo que es un puerto y, en segundo lugar, identificar las múltiples actividades que en ese recinto se desarrollan.

#### **1.1.1.1. Definición de puerto**

El puerto es una instalación en la que se puede realizar la interfase mar-tierra, vale decir, es el lugar geográfico donde se desarrollan las actividades del transporte intermodal. Esta instalación está provista de obras y servicios que proporcionan el espacio de aguas tranquilas necesarias para la estancia segura de los buques, mientras se realizan las operaciones de carga, descarga, almacenaje de las mercancías y el tránsito de viajeros.

#### **1.1.1.2. Actividades que se realizan en un puerto**

En general, las actividades que se desarrollan en un puerto son de dos tipos: principal y secundarias:

- Principal: La actividad comercial, viene a ser cuando la carga realiza el intercambio modal del transporte marítimo al transporte terrestre o viceversa.
- Secundarias: Actividades pesqueras, de recreo y de defensa.

Precisamente, esta característica que tienen los puertos de ser el lugar donde se ubican diferentes medios de transporte, genera una zona crítica de alta contaminación ambiental causada por los siguientes factores : Por las emisiones de gases provenientes de

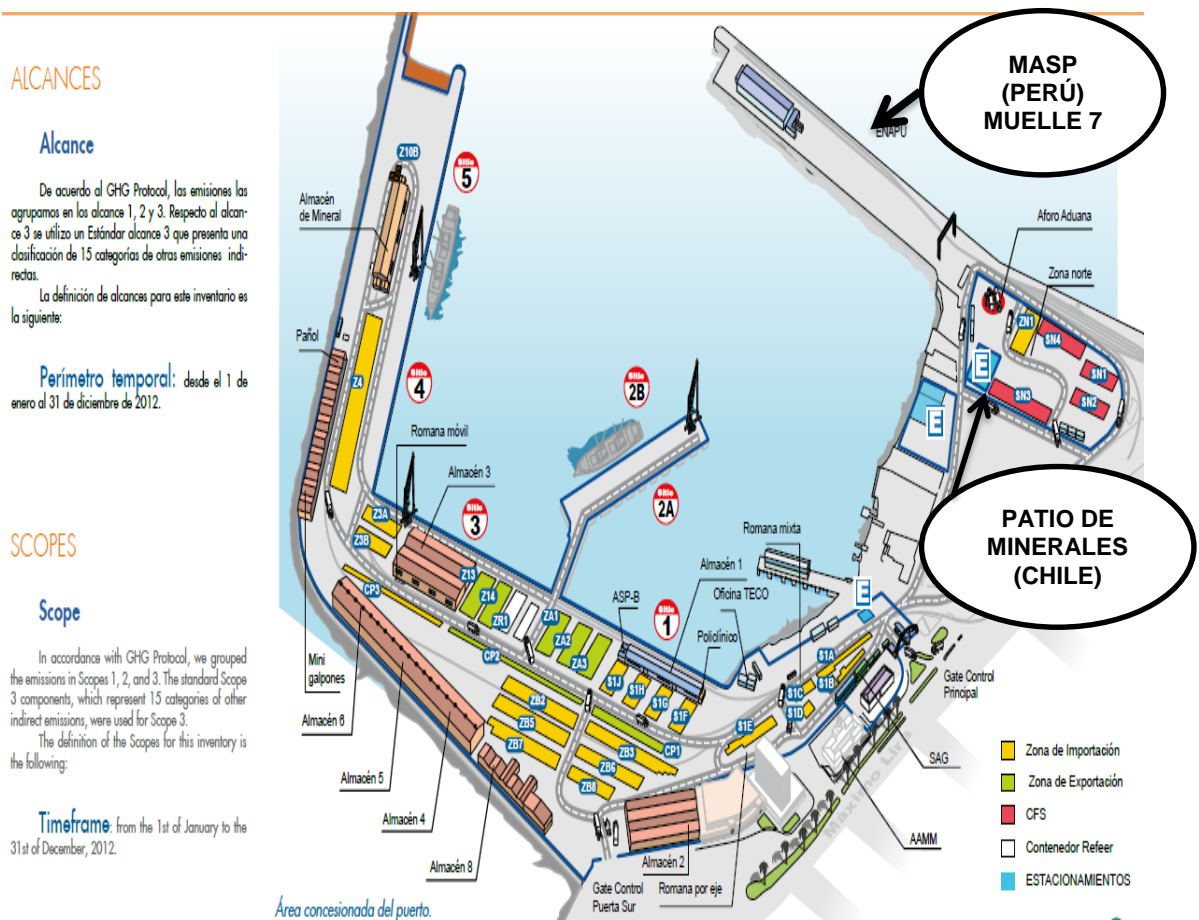
la combustión interna de los motores, pero no solo de los camiones de carga, que por decenas circulan por el reducido espacio interior de la instalación portuaria, sino también, y en gran medida, por los gases desprendidos de los motores de los barcos que funcionan teniendo al petróleo como combustible; Así mismo, por el material particulado presente en el aire, generalmente como consecuencia del manipuleo a granel o por el traslado de sacos que no solo se origina en el muelle peruano sino que, además, el puerto chileno ha colocado su patio de almacenamiento de minerales en la zona más próxima al MASP, haciendo que el viento esparza las partículas metálicas en nuestro sitio.

También se contamina el aire por el derrame de líquidos, por los residuos sólidos, por el polvo que se genera cuando no hay terrenos pavimentados, por los excrementos de las aves guaneras, por contaminación sonora producida en las operaciones de estiba y desestiba de los contenedores, por la intensidad del ruido de los montacargas, de las grúas y de los camiones que permanecen con los motores encendidos en todo momento.

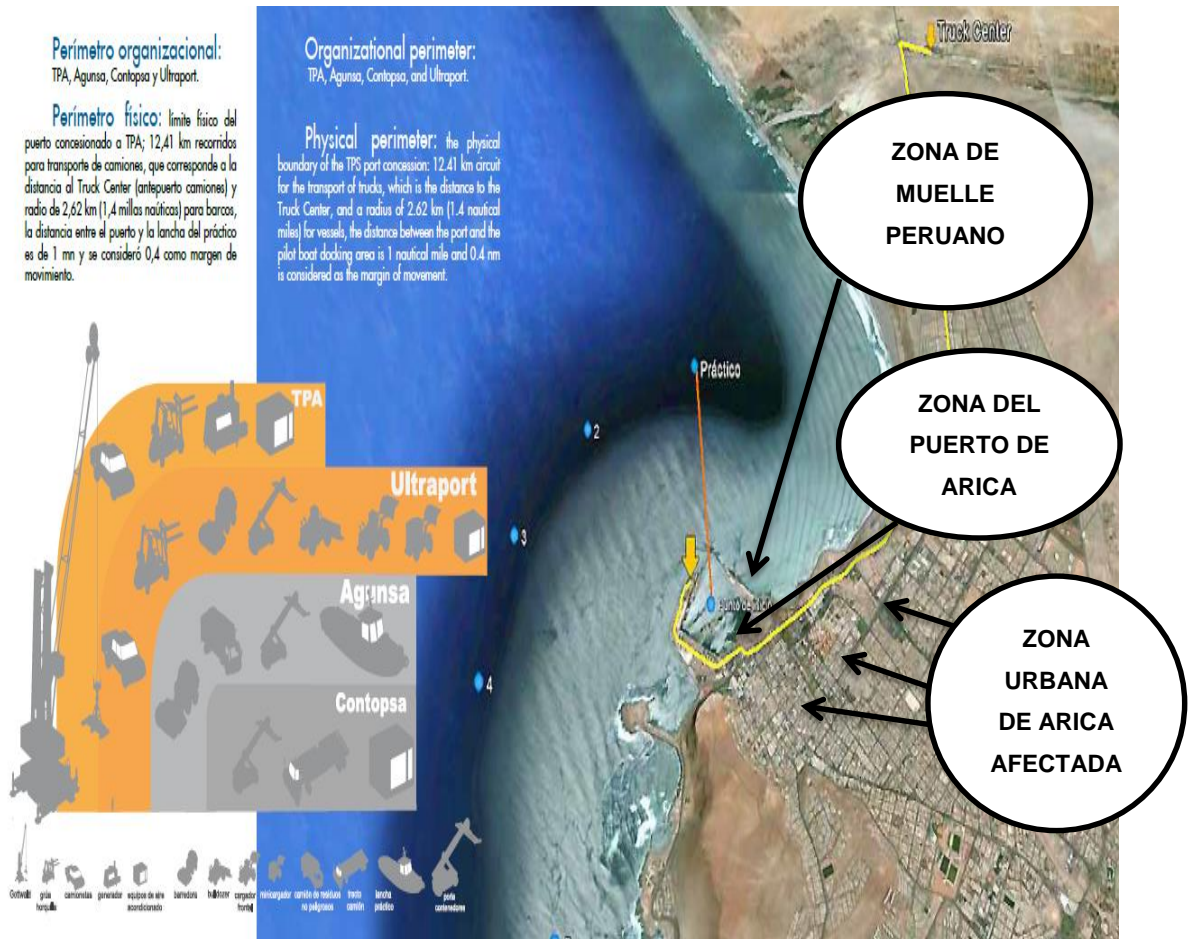
Un tema central de la contaminación de la calidad del aire en los puertos se refiere a la calidad del combustible que suelen utilizar los barcos. Está probado que el contenido de azufre que contiene el petróleo tipo residual utilizado por las naves de carga, duplica o triplica los máximos niveles permisibles que establece cada país, además, existe una razón primordial para que los capitanes de los barcos no apaguen los motores cuando ingresan a una instalación portuaria: El funcionamiento de las grúas de la nave así como el abrir y cerrar las compuertas de las bodegas de carga solo ocurrirá si el motor del barco está encendido y, por lo tanto, emitiendo gases contaminantes.

Respecto a la relación al efecto contaminante medido entre las emisiones de los motores de barcos y las emisiones de los motores de camiones de carga, los primeros lo hacen de una manera impresionante en comparación con los impactos ambientales que hacen los segundos.

### Complejo portuario de Arica mostrando el muelle peruano MASP



## Perímetro del complejo portuario y la contaminación urbana



**Figura 2. Zona de Influencia del Complejo Portuario Arica en la zona urbana aledaña al puerto.**

Fuente: Memoria 2015 TPA. Empresas de Chile que trabajan en el Complejo Portuario: TPA, Agunsa y Ultraport. y Contopsa

**Tabla 1.**

**Impactos ambientales en Instalaciones Portuarias (IP)**

<b>CÓDIGO</b>	<b>ACTIVIDADES PORTUARIAS</b>	<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>
<b>1</b>	<b>Actividades recreativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido de aguas residuales sanitarias y de limpieza</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Ruido</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Contaminación de suelos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
1.1	Instalaciones terrestres de ocio	
1.2	Deportes acuáticos	
1.3	Litorales (zona de pesca)	
1.4	Paseos en embarcaciones de recreo	
<b>2</b>	<b>De Graneles: sólidos-líquidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Emisiones de partículas</li> <li>• Derrames o fugas</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Ruido</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
2.1	De Graneles Sólidos	
2.2	De Mercancía General	
2.3	De Contenedores – Grupaje	
2.4	Automóviles	
2.5	De mercancías Perecederas	
2.6	De Graneles Líquidos	
<b>3</b>	<b>Avituallamiento de Buques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Derrames o fugas</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
3.1	Combustibles	
3.2	Pertrechos	
3.3	Agua	
3.4	Energía	
3.5	Alimentos	
<b>4</b>	<b>Carga y Descarga</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Emisiones de partículas</li> <li>• Derrames o fugas</li> <li>• Ruido</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
4.1	De Graneles Líquidos, Gas y sus derivados	
4.2	De Graneles sólidos	
4.3	De Mercancía General	
4.4	De Contenedores	
4.5	Ro – Ro	
4.6	Automóviles	
4.7	De mercancías Perecederas	
<b>5</b>	<b>Construcción y reparación de buques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertidos de aguas de limpieza</li> <li>• Emisiones de partículas</li> <li>• Alteraciones del fondo marino</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
5.1	Construcción	
5.2	Reparación	
<b>6</b>	<b>Dragado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de los fondos marinos lodos de dragado</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
<b>7</b>	<b>Existencia del puerto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confinamiento de masas de agua</li> <li>• Ocupación del suelo</li> <li>• Impacto paisajístico</li> <li>• Cambios en la hidrología costera</li> </ul>
<b>8</b>	<b>Industrias Manufactureras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido de aguas residuales de saneamiento,</li> <li>• limpieza, de proceso, de refrigeración y</li> <li>• pluviales.</li> <li>• Derrames o fugas</li> <li>• Emisiones gaseosas contaminantes</li> <li>• Emisiones de partículas</li> <li>• Ruido</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
8.1	Alimenticias	
8.2	Metalúrgicas	
8.3	Químicas	
8.4	Otras	
<b>9</b>	<b>Ingeniería Civil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de los fondos marinos</li> <li>• Emisiones de partículas</li> <li>• Ruido residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Contaminación de suelos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
9.1	Planificación y Proyecto	
9.2	Construcción y Demolición	
<b>10</b>	<b>Inspección y análisis de las mercancías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
<b>11</b>	<b>Instalaciones abandonadas o en desuso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de partículas</li> <li>• Impacto paisajístico</li> <li>• Cambios en la hidrología costera</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> </ul>
<b>12</b>	<b>Limpieza de Instalaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de partículas</li> <li>• Impacto paisajístico</li> <li>• Cambios en la hidrología costera</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> </ul>
12.1	Muelles y Edificios	
12.2	Espejo de agua	
12.3	Maquinaria	
<b>13</b>	<b>Mantenimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertidos de aguas de proceso y pluviales</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Ruido</li> </ul>
13.1	Maquinaria	
13.2	Instalaciones	
13.3	Talleres	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Contaminación de suelos</li> <li>• Derrames o fugas</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
<b>14</b>	<b>Pesca y Acuicultura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del agua</li> <li>• Alteración de los fondos marinos</li> </ul>
<b>15</b>	<b>Puertos deportivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ocupación del suelo</li> <li>• Impacto paisajístico</li> <li>• Cambios en la hidrología costera</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
<b>16</b>	<b>Servicios Administrativos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido de aguas residuales sanitarias y limpieza</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
<b>17</b>	<b>Servicios portuarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido de aguas residuales sanitarias, de limpieza y refrigeración.</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Ruido</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
17.1	Practicaje	
17.2	Remolcaje	
17.3	Amarraje	
17.4	Esclusas	
17.5	Recogida de Residuos	
17.6	Suministros	
17.7	Lucha contra Incendios	
17.8	Señalización Marítima	
<b>18</b>	<b>Tráfico de Cruceros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido de Aguas residuales de lastre, de sentinas y de refrigeración.</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Ruidos</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
<b>19</b>	<b>Tráfico de Viajeros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruido</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>
<b>20</b>	<b>Tráfico Terrestre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruido</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>

21	<b>Tratamiento de Residuos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido de aguas residuales sanitarias, de limpieza, de proceso, de refrigeración y pluviales.</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Ruido</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> <li>• Contaminación de los suelos</li> </ul>
22	<b>Operaciones de emergencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertidos</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Ruido</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> </ul>
23	<b>Otros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertido de aguas residuales sanitarias, de limpieza y de refrigeración</li> <li>• Emisiones de gases contaminantes</li> <li>• Ruido</li> <li>• Residuos urbanos o municipales</li> <li>• Residuos peligrosos</li> <li>• Consumo de recursos naturales</li> </ul>

Fuente: Guía para la implantación de SGMA en IP- OMI 2014

### 1.1.2. Problemática de la investigación

En resumen, son numerosos los impactos ambientales que se producen en un puerto, sin embargo, por la magnitud del daño causado en la salud humana, se referirá de manera particular al deterioro de la calidad del aire del recinto portuario del MASP-Arica.

Es importante considerar que los agentes nocivos para el ambiente no solo se producen por las actividades o por los equipos que trabajan en el frente de atraque o en las zonas de almacenamiento, ya que los barcos también contaminan y lo

hacen de una manera mucho más intensa en comparación con el impacto generado por los camiones de carga.

En la actualidad, las autoridades ambientales a nivel internacional están redoblando esfuerzos para que, no solo sean los camiones cargueros los que permanentemente deban ser supervisados en cuanto a mantener la calidad del aire en condiciones óptimas sino que también, de igual manera se le exija, y tal vez con mayor presión, a las industrias navieras que, por, ahora aparecen como una casi invisible fuente de emisiones peligrosas.



**Figura 3. Barco de carga, recién amarrado al muelle del TPA para inicio de carga/descarga de contenedores**

Fuente: Memoria TPA 2014

Los grandes barcos, el verdadero sistema circulatorio de la economía global, transportan más de 90% de la mercadería

mundial por volumen. La cantidad de toneladas de carga transportada por los buques se ha triplicado desde 1970. Aun así, el combustible que los alimenta, el petróleo, es barato y sucio y produce escapes especialmente nocivos.

Los barcos emiten más dióxido de azufre (un químico negro y contaminante vinculado a la lluvia ácida<sup>1</sup>) que el conjunto de todos los automóviles, autobuses y camiones del planeta, según un estudio del Consejo Internacional sobre Transporte Limpio.

El informe dice también que los buques de carga produjeron el año 2005 alrededor del 27% de todas las emisiones contaminantes de óxido de nitrógeno. La industria naviera, al mismo tiempo, está trabada en una disputa interna sobre cómo resolver el problema de las emisiones, sin poder elaborar estrategias sencillas para regular el tránsito por mar abierto. De todas maneras, la demanda por soluciones se está intensificando. Algunos gobiernos y un grupo de puertos con poder comercial están demostrando que las acciones locales pueden repercutir en el ámbito internacional. Desde el 1 de enero del 2015, el Estado de California, en EEUU, exige a los barcos que se acerquen a menos de 24 millas de sus costas que usen combustibles limpios en sus motores auxiliares. La medida, similar a otra aprobada por la Unión Europea para el Mar Báltico, restringe el acceso a los puertos de Los Ángeles y Long Beach, los dos más grandes de

---

<sup>1</sup> **Lluvia ácida:** La lluvia ácida es una de las consecuencias de la contaminación atmosférica. Se produce cuando las emisiones contaminantes de las fábricas, automóviles o calderas de calefacción entran en contacto con la humedad de la atmósfera. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno, y dióxido de azufre, que al mezclarse con agua se transforman en ácido nítrico y ácido sulfúrico. Este proceso también sucede de forma natural a través de las erupciones volcánicas.

Componentes de la lluvia ácida:  $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 \downarrow$  ,  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 \downarrow$

Estados Unidos. Aquellos que no cumplan con las normas se arriesgan a ser multados o incautados.

La industria naviera está preocupada por la posibilidad de que gobiernos de todo el mundo adopten estándares distintos sobre combustibles y emisiones. Por razones comerciales, la mayoría de los dueños y operadores navieros prefieren usar el combustible más barato, aunque sea más sucio, cuando están en áreas no protegidas. Y el proceso para cambiar de un combustible a otro es complicado y potencialmente peligroso. (Publicación de Naciones Unidas-UNCTAD-Transporte Marítimo 2007 <https://books.google.com.pe/books>)

En otros frentes, el Fiscal General de California, ha solicitado en julio del año 2008 a la Agencia Reguladora del Medio Ambiente de EE.UU. que limite el dióxido de carbono emitido por los barcos de carga. Cabe mencionar que, en abril del año 2012, las emisiones de los grandes buques y los aviones han estado sobre la mesa de negociaciones cuando un grupo de líderes mundiales se reunió en Balí, Indonesia, para empezar a conversar sobre el acuerdo de cambio climático que reemplazará el Protocolo de Kioto.



**Figura 4. La mayor cantidad de SO<sub>2</sub> en el 2020 la generará el transporte marítimo**

Fuente: <http://cherocaguawoordpress.com>

Sin embargo, el intenso apetito de los consumidores de EE.UU. y otros países por los productos importados crece tan rápido, que recortes marginales en las emisiones podrían no tener ningún efecto real. Un descenso de hasta el 30% en las emisiones de los barcos se vería cancelado por el creciente tamaño de la flota mundial, según Russell Long, vicepresidente del grupo ambientalista Amigos de la Tierra, de reconocida autoridad sobre el asunto. (Intermexpost, 2007)

A pesar de las alarmas, del riesgo que causan en la salud del trabajador la mala calidad del aire, pareciera que muchos olvidan que, las enfermedades respiratorias que sufren los trabajadores portuarios representan un costo elevado en la salud. Los presupuestos que todos los países destinan para contrarrestar las causas provocadas por las enfermedades respiratorias son sumamente elevados.

Con la disminución de emisiones de Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC) y partículas en suspensión, está demostrado que, en todas las instalaciones portuarias, se mejora sustancialmente la calidad del aire y las condiciones de salud. Algunos gobiernos conscientes de dichos costos y de la reducción de la calidad de vida de los trabajadores afectados en los puertos, realizan gestiones que conlleven a la reducción de la contaminación del aire por **fuentes móviles**<sup>2</sup>, además desarrollan programas de monitoreo de la calidad del aire para soportar las normativas tendientes a la disminución de dicha contaminación.

Además, respecto de los vehículos de carga que operan en el complejo portuario, a la implementación de **Límites Máximos Permisible**<sup>3</sup> LMP, de gases tóxicos establecido por el Ministerio del Ambiente de Chile debe acompañarse con programas paralelos de mejoramiento de combustibles que permitan aprovechar los avances tecnológicos en lo que se refiere a vehículos equipados con sistemas de control de emisiones y control electrónico de la alimentación de combustible.

---

<sup>2</sup> **Fuentes Móviles:** Ejemplos de fuentes móviles son los aviones, barcos, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tracto-camiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

<sup>3</sup> LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LA CALIDAD DEL AIRE MINISTERIO DEL AMBIENTE DE CHILE

**Tabla 2.**  
**Límites Máximos Permisibles Chile**

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN PROMEDIO (Ug/m <sup>3</sup> )	CONCENTRACIÓN MÁXIMA (Ug/m <sup>3</sup> )	LMP* (ug/m <sup>3</sup> )
MATERIAL PARTICULADO (PM 10)	8,77	16,96	Promedio Anual : 60
	8,77	16,87	Máximo en 24 h. : 150
HIDROCARBUROS THC (DADOS COMO METANO)	0,14	0,14	HC totales expresados cada 4 meses : 1,5
	0,14	0,14	
ÓXIDOS DE ASUFRE (SO <sub>x</sub> )	11,75	15,89	Promedio Anual : 80
	16,49	18,56	Máximo en 24 h. : 250
ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO <sub>x</sub> )	13,63	16,46	Promedio Anual : 100
	14,41	18,75	Máximo en 24 h. : 150
OZONO (O <sub>3</sub> )	87,62	207,99	Máximo en 8 h. : 80
	53,66	147,23	Máximo en 1 h. : 120
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	1057,17	2110,42	Máximo en 8 h. : 1000
	494,31	906,48	Máximo Anual. : 1000

Fuente: Norma de LMP – Chile según Resolución 610-2010 (Elaboración propia)

El artículo 75 del Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud de Chile, que aprobó el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, establece que la exposición ocupacional a ruido estable o fluctuante debe ser controlada de modo que para una jornada de 8 horas diarias ningún trabajador pueda estar expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente a 85 decibeles, medidos en la posición del oído del trabajador.

**Tabla 3.**

**Estándares de calidad ambiental para aire en el Perú. Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM**

Parámetros	Período	Valor [µg/m <sup>3</sup> ]	Criterios de evaluación	Método de análisis [1]
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
<b>Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>24 horas</b>	<b>250</b>	<b>NE más de 7 veces al año</b>	<b>Fluorescencia ultravioleta (Método automático)</b>
<b>Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>1 hora</b>	<b>200</b>	<b>NE más de 24 veces al año</b>	<b>Quimioluminiscencia (Método automático)</b>
	Anual	100	Media aritmética anual	
<b>Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>)</b>	<b>24 horas</b>	<b>50</b>	<b>NE más de 7 veces al año</b>	<b>Separación inercial/filtración (Gravimetría)</b>
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) [2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>1 hora</b>	<b>30000</b>	<b>NE más de 1 vez al año</b>	<b>Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)</b>
	<b>8 horas</b>	<b>10000</b>	<b>Media aritmética móvil</b>	
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
<b>Dióxido de Carbono</b>	<b>24 horas</b>	<b>700</b>	<b>Media Aritmética</b>	<b>Infrarrojo no dispersivo (NDIR) Método Automático</b>

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.

Es necesario entonces que las autoridades portuarias, las empresas navieras, los trabajadores del muelle y el importante gremio de camioneros, armonicen esfuerzos para apoyar la iniciativa de los gobiernos para mejorar el ecosistema y garantizar así un espacio de trabajo en el que se respete el medio ambiente,

apuntando, sino es posible a una eliminación, al menos a una drástica reducción de las emisiones de gases. Asimismo el programa de monitoreo de la calidad del aire en forma permanente permitirá evaluar en el futuro las medidas técnico-normativas que se dicten para reducir la contaminación.

Sin embargo, siendo muy grave el problema que causan en las instalaciones portuarias los motores de combustión con sus emisiones de gases contaminantes (entre los que se encuentra el venenoso monóxido de carbono CO), no es menos importante el deterioro que causa en el ambiente el vertido de aguas residuales sanitarias y de limpieza, los residuos de carga peligrosas, la contaminación de suelos, el excremento de las aves guaneras que envilecen la calidad del aire, el polvo que causan las cargas a granel, etc.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Es necesario que el Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica disponga de un Plan Ambiental para el Monitoreo y Mitigación de los gases CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, del material particulado MP10 y del ruido, y con ello mejorar la Calidad del Aire?

## **1.3. Importancia del problema y justificación del trabajo**

**1.3.1. Importancia del Trabajo.** La importancia del presente trabajo es que se orienta a elaborar un plan estratégico ambiental para proteger la salud de todos los integrantes de la comunidad portuaria del MASP, y plantear las condiciones que deben de asumir a fin de generar un ambiente portuario limpio, donde las operaciones portuarias puedan desarrollarse con el menor impacto ambiental posible en beneficio de los trabajadores,

clientes y visitantes. Será particularmente importante establecer topes de contaminación que no superen los Límites Máximos Permisible – LMPs, en las emisiones de humos, gases, partículas y ruido.

**1.3.2. Justificación del Trabajo.** La justificación de este trabajo de investigación técnico-científico se da en la medida de que el Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica no cuenta con un Plan Ambiental que le permita conocer las concentraciones de gases contaminantes, del material particulado MP10 ni la magnitud del ruido, que podrían estar afectando a los trabajadores, además, el trabajo se justifica porque permite identificar a las fuentes de contaminación generados por las actividades portuarias realizadas en sus instalaciones y, por último, permite proponer alternativas de solución más adecuadas, con la singular característica de que se tomarán en cuenta las disposiciones que sobre la materia se establecen tanto en el Perú como en Chile. El beneficio será para toda la comunidad portuaria que hace uso de las instalaciones, ya que tendrá la seguridad de estar en un ambiente básicamente con “aire limpio“, reduciendo al mínimo las posibilidades de riesgos de salud por inhalaciones tóxicas.

#### **1.4. Alcances y limitaciones**

**1.4.1. Alcances.** La presente investigación tiene un alcance similar al espacio físico del MASP ya que intenta proteger la salud de la comunidad portuaria que, si bien es una instalación portuaria pequeña, los problemas ambientales que enfrenta son similares a lo que se presentan en los puertos de mayor envergadura.

**1.4.2. Limitaciones.** Respecto a las limitaciones, se tiene que advertir que una parte de la información que se necesitaba para la realización de la presente investigación debió obtenerse en 2 empresas situadas en la zona perimetral contigua al Malecón de Atrache al Servicio del Perú en Arica, como son el astillero “Maggiolo” y el patio de almacenamiento de minerales del “Terminal Portuario Arica”, sin embargo, ambas son empresas privadas y muy conocidas por ser reacias a permitir el ingreso a sus instalaciones para obtener datos de sus operaciones, debido a que las mencionadas empresas consideran que los visitantes son inspectores sanitarios del Ministerio del Medio Ambiente de Chile que desean buscar pruebas, ante las numerosas quejas de los vecinos, para aplicarles determinadas multas por contaminar el ambiente. Sin embargo, se pudo obtener, parte de la información, gracias a las publicaciones de las Memorias de los últimos años de la empresa Terminal Portuario Arica – TPA.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo General**

Proponer un Plan Ambiental para el monitoreo y mitigación de los gases CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, del material particulado MP10 y la intensidad del ruido, para mejorar la Calidad del Aire en el Malecón de Atrache al Servicio del Perú en Arica.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

1.5.2.1. Determinar las concentraciones de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> del MP10 y la intensidad del ruido en el MASP.

1.5.2.2. Identificar las fuentes contaminantes del aire en el MASP.

1.5.2.3. Formular el Plan Ambiental con medidas de control y mitigación.

## **1.6. Hipótesis**

Es necesario que el Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica disponga de un Plan Ambiental para el monitoreo y mitigación de los gases CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, del material particulado MP10 y del ruido para mejorar la calidad del aire.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO**

#### **2.1. Antecedentes del estudio**

##### **Base legal ambiental**

- 2.1.1 Constitución Política del Perú, Capítulo II Del Ambiente y los Recursos Naturales, establece que los recursos naturales, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento, determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.
- 2.1.2. Ley del Sistema Portuario Nacional (Ley N° 27943), establece 15 lineamientos esenciales de la política portuaria nacional, en relación al medio ambiente establece “La protección y cuidado del medio ambiente, con arreglo a la legislación sobre la materia”.
- 2.1.3. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.
- 2.1.4. Decreto Supremo N° 085-2003-PCM: Aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.
- 2.1.5. Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM: Aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire.

La base legal de la presente investigación se establece en el Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014 realizado por el Ministerio del

Ambiente del Perú, donde se fijan los lineamientos de política a cumplir como son:

- a. Establecer medidas para prevenir y mitigar los efectos contaminantes del aire sobre la salud de las personas e
- b. Implementar sistemas de alerta y prevención de emergencias por contaminación del aire, privilegiando las zonas con mayor población a contaminación crítica.

En todos los casos de la actividad portuaria se acepta que, respecto a la calidad del aire, éste factor ambiental se ve afectado por dos vertientes:

- a. Por la emisión de gases contaminantes tales como dióxido de azufre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>x</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), generados por los motores de combustión y, además, los vehículos de transporte pesado causan dispersión de material particulado en grandes cantidades, los cuales provienen de las cargas a granel tanto de harinas como de minerales y, por último,
- b. La incesante generación de ruidos de alto impacto, provenientes de los motores encendidos de los camiones de carga, de los motores de los barcos que no se deben de apagar para mantener activas las grúas, de los grandes montacargas que trasladan enormes contenedores y, por último, por el ruido que causan los contenedores al ser colocados en el piso de cemento.

## **2.2 Bases teóricas e informes técnicos**

El Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013 – 2014 establece los siguientes 3 parámetros: Material Particulado (PM 10), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Estos parámetros, objetos de evaluación y análisis, son de singular importancia por los niveles alcanzados y los riesgos a la salud que conllevan.

Según el Informe Nacional de Calidad, “El PM10 proviene tanto de fuentes móviles por el uso de combustibles fósiles, como de fuentes fijas y fuentes naturales; las primeras son las que contribuyen en un mayor porcentaje en las áreas urbanas. Los valores vigentes de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de Aire para material particulado PM10 son  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor promedio de 24 horas; mientras que el Valor Guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que es el mismo valor promedio anual del ECA nacional. El impacto en la salud del material particulado está ampliamente documentado y se asocia principalmente con mortalidad prematura de causa cardiovascular y respiratoria, cáncer pulmonar e incremento de admisiones hospitalarias por asma y otras enfermedades respiratorias”. (Informe Nacional de la Calidad del Aire, 2013-2014)

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) proviene de las actividades antropogénicas, particularmente por la combustión del carbón y petróleo. Las fuentes móviles, fundiciones, siderurgias, refinerías, etc. son algunas de las principales fuentes, en tanto que los volcanes son fuentes naturales. El valor de ECA nacional para  $\text{SO}_2$  es de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (por 24 horas) coincidente con el Valor Guía de la OMS. Exposiciones en periodos cortos a altas concentraciones pueden producir en la población vulnerable irritación del tracto respiratorio, reacciones asmáticas y afecciones respiratorias. (Decreto Supremo N° 074-2001-PCM Reglamento de Estándares Nacionales de la calidad ambiental del aire)

Las fuentes naturales más comunes del dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) son los incendios forestales y de pastos, y la actividad volcánica; en tanto que la principal fuente antropogénica es la quema de combustibles fósiles. El  $\text{NO}_2$  daña el sistema respiratorio porque es capaz de penetrar las zonas más profundas de los pulmones irritándolos.

La contaminación proviene tanto de fuentes móviles como fijas, los porcentajes de aportes de los contaminantes emitidos varían dependiendo del tipo de fuente; en el caso de fuentes fijas, son de relevancia en todas las ciudades, el material particulado (MP), el monóxido de carbono (CO) y los contaminantes orgánicos volátiles (COV); mientras que el hidrógeno sulfurado (H<sub>2</sub>S) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) están asociados solo a determinadas ciudades y en porcentajes menores.

La Gestión de la Calidad del Aire en el Perú cuenta con una institucionalidad establecida en los niveles nacionales (MINAM, DIGESA, SENAMHI, OEFA), regional y local, así como la participación del sector privado y sociedad civil, cada día más conscientes de la importancia de la calidad del aire para la salud. Se cuenta con un marco normativo que define los instrumentos de gestión para la calidad del aire, como son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Límites Máximos Permisibles (LMP), conformación de los Grupos de Estudio Técnico Ambiental (GESTA) para la elaboración de los planes de acción de la calidad del aire y la implementación de los mismos; así como con programas de vigilancia de la calidad del aire.

### **2.2.1. Experiencias de control ambiental en puertos**

Se vienen realizando estudios sobre la calidad del aire en puertos muy importantes a nivel mundial, aunque la mayoría de ellos se presentan en puertos europeos y norteamericanos.

Se presentan a continuación dos valiosas experiencias que servirán de soporte y referencia para lograr el objetivo general planteado en el presente trabajo.

En el primer caso, el Puerto de La Coruña, en España, ha puesto en marcha el “Cuadro de Mando Ambiental” como estrategia con el objetivo de convertir la sostenibilidad en su gran señal de identidad. Y es que desde el año 2008 ya está operativo el llamado Cuadro de Mando Ambiental, un novedoso sistema que permite informar sobre la situación ambiental (con énfasis especial en la calidad del aire), meteorológica y oceanográfica del Puerto de La Coruña. (Puerto de La Coruña-Código de conducta ambiental, 2011)

Esta herramienta supondrá un importante avance en la gestión, al ayudar al control interno de los vectores ambientales más relevantes, como es la calidad del aire, predicciones de viento, lluvias, etc. y viene también a demostrar, una vez más, la voluntad de la Autoridad Portuaria por ofrecer la máxima transparencia a los ciudadanos sobre las actividades que se desarrollan en el recinto portuario.

El Puerto de La Coruña se convierte así en pionero en España y en uno de los primeros de Europa en disponer de este sistema, que permite a cualquier internauta obtener en tiempo real a través de internet todo tipo de información sobre la situación medioambiental de las instalaciones portuarias, en especial de la calidad del aire. Los datos meteorológicos que ofrece la página que en este momento se encuentra en fase de pruebas, son los recogidos por las estaciones ambientales ubicadas en el morro del Dique Barrié de la Maza y en los muelles del Centenario y San Diego.

El otro caso se da en los puertos de Los Ángeles y de Long Beach, en Estados Unidos, que han destinado 2,000 millones de dólares que apunta a la reducción de la contaminación del aire en

la zona por los próximos cinco años. Sin embargo, la propuesta, que parece encaminada a ser aprobada, enfrenta un apoyo con reservas por parte de los sectores comerciales y ambientalistas, que aseguran, viola tratados internacionales de comercio.

“Uno de los países que mayor contaminación causa en Los Ángeles, es China, según un estudio de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Una cuarta parte de las partículas contaminantes en el aire provienen de esa nación, que podría cuadruplicarse, según cálculos del Consejo para la Defensa de Recursos Naturales (NRDC), una organización nacional sin fines de lucro integrada por científicos, abogados y especialistas dedicados a la protección de la salud pública y el medio ambiente”. (Voz de América, 12.10.2011)

El llamado Plan de Acción por Aire Limpio (CAAP) en el puerto de Los Ángeles busca reducir las partículas contaminantes emitidas por barcos, trenes y camiones, entre otros, en casi 50% dentro de cinco años.

Los puertos de Los Ángeles y Long Beach son los más grandes de la nación y movilizan más de 300,000 millones de dólares anuales en comercio y más del 40% de la carga transportada en contenedores del país. Como parte del plan, el Distrito de Administración de Calidad del Aire de la Costa Sur (SCAQMD) invertirá más de 200 millones de dólares para eliminar llamados camiones diesel "sucios" de las terminales del puerto, sustituyéndolos por vehículos de combustible limpio. El proyecto pide además, que toda la carga principal de contenedores y barcos cruceros sean equipados con electricidad en un período de 15 años, para que los buques que lleguen a los amarraderos no generen contaminación (Recomendación de la Comisión de 8 de

mayo de 2006 sobre el fomento del uso de electricidad en puerto por los buques atracados en puertos comunitarios. Diario Oficial de la Unión Europea, 2006).

Las medidas también incluyen reducción de la niebla tóxica que forman las emisiones de óxido de nitrógeno. El plan propone reducir en 45% la emisión de óxido de nitrógeno y más del 52% de los óxidos de azufre para el año 2019.

El plan marca la primera vez que ambos puertos, Los Ángeles y Long Beach trabajan juntos para intentar recortar la contaminación del aire.

### **2.2.2. Composición del aire**

El aire es uno de los factores determinantes de la vida en la Tierra. Diariamente todos los organismos dependemos de esta mezcla de gases, y nuestros pulmones filtran alrededor de 15 Kg. de aire atmosférico al día. En todo momento de la historia del hombre<sup>4</sup>, éste ha arrojado materiales que pueden considerarse como contaminantes atmosféricos (humo, vapores, niebla y partículas), sin embargo, es a partir del desarrollo industrial que esta acción adquiere proporciones considerables, no sólo por la cantidad de contaminantes que llegan al aire, sino por la naturaleza y calidad de éstos (El Herald, 09.02.2017).

---

<sup>4</sup> El aire en la Historia. Los filósofos griegos (A.C) tuvieron distintas ideas para explicar el significado del aire. Según Anaxímenes, el aire era el principio de todas las cosas, para Empédocles era uno de los cuatro elementos primordiales junto con el agua, el fuego y la tierra. Pero sólo fue hasta mediados del siglo XVII que Lavoisier junto con otros científicos demostraron que el aire era una mezcla de varios elementos. El aire es un componente natural esencial para el desarrollo de la vida en la tierra, sin él, nuestro planeta estaría muerto y no podrían existir las plantas, los animales ni los seres humanos.

Se puede entonces definir al aire como una mezcla gaseosa que forma la atmósfera de la tierra. El aire se encuentra presente en todas partes, no se puede ver, oler, ni oír. Sus propiedades físicas y químicas más importantes son:

#### **2.2.2.1. Propiedades Físicas**

- Es de menor peso que el agua.
- Es de menor densidad que el agua.
- No tiene volumen definido.
- No existe en el vacío.
- Es un fluido transparente, incoloro, inodoro e insípido.
- Es un buen aislante térmico y eléctrico.
- Un (1) litro de aire pesa 1,29 gramos, en condiciones normales.

#### **2.2.2.2. Propiedades Químicas**

- Cambia de estado con la temperatura, condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire a altas temperaturas.
- Está compuesto por varios elementos, entre ellos el nitrógeno (que se presenta en mayor proporción), el oxígeno y el CO<sub>2</sub>, que son básicos para la vida.

#### **Composición del Aire**

El aire puro es una mezcla de gases. El nitrógeno, el oxígeno, el argón y el anhídrido carbónico constituyen el 99,99% del aire en la atmósfera. (Fergusson, 2003)

**Tabla 4.**

***Composición del aire a nivel superficial***

CONSTITUYENTE	SIMBOLO QUÍMICO	PORCENTAJE EN VOLUMEN	PORCENTAJE EN MASA
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78,084	75,520
Oxígeno	O <sub>2</sub>	20,946	23,140
Argón	Ar	0,934	1,288
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0,033	0,050
Neón	Ne	1,818-10 <sup>-3</sup>	1,267-10 <sup>-3</sup>
Helio	He	5,210-10 <sup>-4</sup>	7,2-10 <sup>-5</sup>
Metano	CH <sub>4</sub>	2,0-10 <sup>-4</sup>	1,1-10 <sup>-4</sup>
Kriptón	Kr	1,140-10 <sup>-4</sup>	3,30-10 <sup>-4</sup>
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	5,0-10 <sup>-5</sup>	8,0-10 <sup>-5</sup>
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	5,0-10 <sup>-5</sup>	3,0-10 <sup>-5</sup>
Xenón	Xe	8,7-10 <sup>-5</sup>	39-10 <sup>-5</sup>

Fuente: Extracto de Guía Ambiental del Aire. 2003 - Ferguson, L.

**2.2.2.3. Contaminación del aire**

Se entiende por contaminación cualquier alteración de las condiciones naturales de un ambiente determinado. De esta manera se pueden identificar distintos tipos de contaminación: del agua, del aire, acústica y visual. La contaminación del aire es cualquier alteración de su composición natural, por la presencia en la atmósfera de compuestos que tienen efectos adversos sobre el ser humano y sus bienes materiales, así como también sobre los animales y las plantas.

**¿Cómo se contamina el aire?**

El aire que se respira suele contaminarse con sustancias distintas a su composición natural, las que alteran las cantidades de los elementos primigenios. Las formas de contaminación provienen de dos fuentes: Naturales y Antropogénicas.

Fuentes Naturales: Emisiones de gases y cenizas volcánicas, los incendios naturales, el polvo y el polen y esporas de plantas, hongos y bacterias.

Fuentes Antropogénicas: Es el producto de las diferentes actividades humanas y es la que representa el mayor riesgo para la calidad del aire. (Vargas, 2017)

Esta contaminación es provocada por diversas causas, pero el mayor índice se debe a las actividades industriales, comerciales, domésticas, agropecuarias y a los motores de los vehículos, por el impacto que tienen las sustancias que arrojan a la atmósfera. Los vehículos motorizados, por ejemplo, contaminan con monóxido de carbono, dióxido de azufre, ozono y partículas suspendidas de plomo.

En toda ciudad industrializada, se pueden identificar distintos contaminantes, pero predominan los productos derivados del petróleo, los motores de distintas industrias así como los de vehículos de transporte de carga y pasajeros.

#### **2.2.2.4. Condiciones que propician la contaminación**

Hay condiciones geográficas que facilitan la contaminación atmosférica como la altitud y los accidentes geográficos. Por ejemplo, en ciudades como Caracas o Santiago de Chile, por estar ubicadas en valles rodeadas de montañas, se facilita la acumulación y concentración en el aire. Pero también existen condiciones urbanísticas, como la distribución y cantidad de calles, industrias, jardines y parques. En ciudades cuyo crecimiento no ha sido planificado, las zonas industriales se rodean cada vez más de conjuntos residenciales o habitacionales,

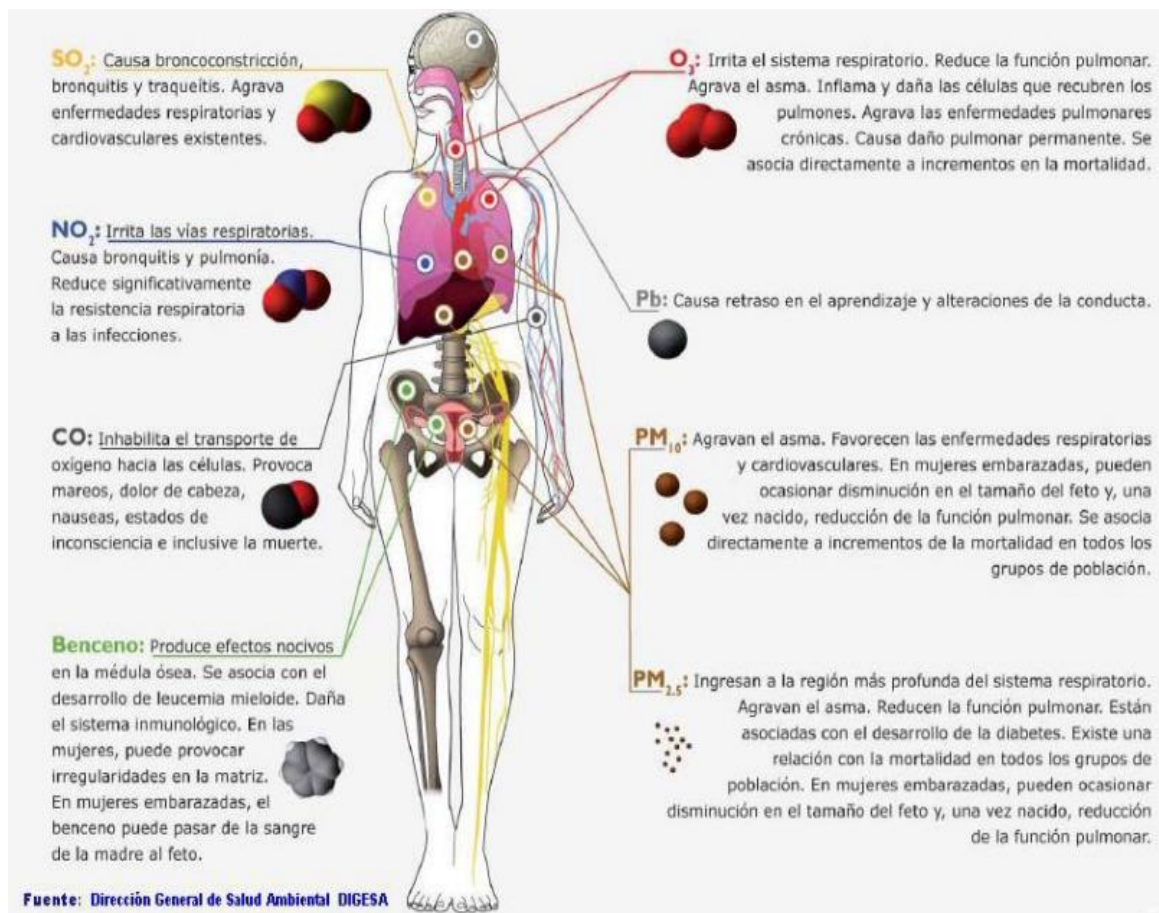
esto provoca un efecto de contaminación directa a las personas que residen en estos lugares.

#### **2.2.2.5. Consecuencias de la contaminación del aire**

En las personas: a nivel pulmonar como el asma, el enfisema, el cáncer pulmonar, la bronquitis. A nivel de la piel, manchas, cáncer en la piel, afecciones en las mucosas de la nariz, irritaciones en los ojos, conjuntivitis, además agrava las afecciones cardiovasculares, entre otras enfermedades.

En los materiales: deterioro en los materiales que se utilizan en las construcciones y otras superficies. El hollín se impregna en los edificios.

En las plantas: altera el proceso de la fotosíntesis.



**Figura 5. Efectos de los contaminantes del aire en la salud**

Fuente: DIGESA-2014

### 2.2.3. Problemas ambientales

Entre los problemas más dramáticos se tienen el *smog* de las grandes ciudades, cambios de clima a escala global y regional, el efecto invernadero, la lluvia ácida y la disminución de la capa de ozono.

#### 2.2.3.1. El Smog

En grandes ciudades como México, Nueva York, Santiago de Chile y otras se puede observar una nube gris en el cielo que cubre generalmente toda la ciudad. A esta nube se le conoce con

el nombre de *Smog* y es un producto de la acumulación de agentes contaminantes en la atmósfera.

Entre estos agentes contaminantes tenemos:

- Monóxido de carbono, expulsado por los vehículos.
- Óxido de azufre, expulsado por las chimeneas de las fábricas.
- Carbón, polvo negro que se forma por la quema incompleta de la gasolina y otros productos derivados del petróleo.

### **2.2.3.2. El efecto invernadero**

Los invernaderos son cálidos porque el vidrio permite la entrada de la luz solar, pero a su vez impide que salga el aire caliente. Lo mismo sucede con la tierra, el dióxido de carbono y otros gases de la atmósfera, permiten el paso de los rayos solares, pero impiden que la mayor parte del calor de la tierra escape hacia el espacio. A este fenómeno se le llama Efecto Invernadero Natural. Si no existiera este efecto, la tierra sería demasiado fría para ser habitable. Pero, si el efecto invernadero se incrementa por la intervención humana, se produce el calentamiento.

El Panel Internacional para los Cambios Climáticos (IPCC), organismo científico establecido para coordinar y evaluar las investigaciones climáticas, ha señalado que la acumulación de gases por el efecto invernadero ya han producido un cambio en el clima actual. La concentración de dióxido de carbono se ha incrementado en 6,25 millones de toneladas y la temperatura aumentó 0,6°C en el siglo XX. Además, el calentamiento empieza a notarse por el aumento e intensidad de fenómenos extremos como incendios, inundaciones y huracanes.

Dado que los gases del efecto invernadero permanecen en el aire durante largos períodos y los océanos almacenan una gran cantidad de calor, el calentamiento del planeta continuará y permanecerá irreversible durante siglos, aun después de que se detenga la acumulación.

Desafortunadamente, el cambio en el clima implica mucho más que un aumento gradual de temperatura: es probable que las lluvias y las nevadas, el viento y las corrientes marinas, los niveles de evaporación, el flujo de agua en ríos y lagos y otros aspectos del clima también experimenten cambios considerables. Si ocurren estos cambios entonces:

- Entre un tercio y la mitad de los casquetes polares se fundirían.
- La precipitación global aumentará entre 3 y 15%.
- Serían muchos los lugares que se inundarían.

“La única manera de evitar estos riesgos consiste en estabilizar las concentraciones de gases que contribuyen al efecto de invernadero. Dicha estabilización implica la reducción de la emisión de gases de un 50 a un 60% durante el siglo actual. Esta es una tarea difícil por cuanto implica la utilización de gas natural, combustibles de bajo contenido de carbono y el uso de fuentes de energía hidroeléctrica, eólica, solar y nuclear. Además, tendrían que rediseñarse los edificios, los sistemas de transporte y los procesos industriales con el objeto de utilizar la energía de manera más eficiente.” (Panel Internacional del Cambio Climático, 2016)

### **2.2.3.3. La lluvia ácida**

El dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno son los principales contaminantes responsables de la lluvia ácida. Parte de estos compuestos caen directamente sobre la superficie de las plantas, suelos y edificaciones, constituyendo lo que se conoce como la "deposición seca"<sup>5</sup>. Por otra parte, el vapor de agua atmosférico transforma los compuestos de azufre y nitrógeno en ácidos sulfúrico y nítrico respectivamente, los cuales son depositados como lluvia, nieve o granizo. Esto es lo que se conoce como "deposición húmeda" o "lluvia ácida". El fenómeno de la lluvia ácida ha traído graves daños a los bosques de Europa, Canadá y Estados Unidos. Ha perturbado el equilibrio biótico<sup>6</sup>, en ríos y lagos europeos, también ha puesto en peligro la vida silvestre y deteriorado monumentos históricos importantes.

### **2.2.3.4. Disminución de la capa de ozono**

La capa de ozono de la atmósfera es una especie de sombrilla o escudo que protege la superficie del planeta contra la radiación ultravioleta, la cual deteriora la biosfera. Los clorofluorocarbonos son los compuestos implicados directamente en la destrucción de la capa de ozono y están presentes en las bombas de spray como desodorantes, lacas, ambientadores y aerosoles en general.

---

<sup>5</sup> Deposición seca: Es la transferencia de contaminantes gaseosos o material particulado hacia la superficie de la tierra, incluyendo suelo, agua, tierra y vegetación como medio de remoción.

<sup>6</sup> Equilibrio biótico: Se expresa entre los seres bióticos y el entorno. Biótico (que tienen vida: fauna y flora) y los abióticos (que son los componentes físicos y químicos como la luz, temperatura, presión atmosférica, humedad, radiación solar, aire, agua, etc.).

Con la contaminación del aire, la capa de ozono va desapareciendo progresivamente, desaparición que no se ve ni se oye, pero se va sintiendo en el medio ambiente.

De acuerdo con los especialistas, esta capa de Ozono disminuye cada año en un 0,3%, de mantenerse esta tendencia, en unos sesenta años, la humanidad se verá al borde de una catástrofe ecológica. A pesar del peligro que se cierne sobre la tierra, las investigaciones no tienen el alcance que debieran, ni la suficiente colaboración internacional para lograr la permanencia de la vida en la tierra. (National Geographic, N° 217, 08.01.2018)

En todo instante se debe tener presente lo siguiente:

- La Contaminación del aire se refiere a cualquier alteración de su composición natural.
- La contaminación del aire puede ser producto de factores naturales o producto de las actividades del ser humano.
- La contaminación del aire trae consecuencias para los seres humanos, animales, plantas, materiales y genera graves problemas ambientales como: el smog, efecto invernadero, lluvia ácida y disminución de la capa de ozono.
- Los automóviles son grandes contaminantes del aire. Pero esta contaminación la podemos disminuir cuando tomamos medidas.

La contaminación significa la presencia en el aire de impurezas en concentraciones suficientemente altas que producen efectos adversos contra la salud, la estabilidad del clima, el desarrollo de los ecosistemas y seguridad de las personas. Es todo aquello que ensucia la ropa, los parabrisas de los automóviles, tinte el cielo de un color gris oscuro (por ejemplo, el NO<sub>2</sub> destaca por su color pardo rojizo), pero sobre todo, daña la salud.

Con el advenimiento de la era industrial y la acelerada actividad humana, el problema de la contaminación del aire adquiere toda su magnitud. Esta acelerada actividad del hombre se manifiesta con la introducción de nuevas sustancias, que son agentes en forma de gases o material particulado que se encuentra en suspensión y provienen como residuos de los procesos industriales, combustiones domésticas, aeronavegación, navegación, áreas urbanas y principalmente de los vehículos motorizado.

Todo lo anterior, referente a los nocivos efectos que causa en la salud humana la contaminación del aire, se agrava mucho más en un recinto portuario que es un pequeño espacio donde a menudo se aglomeran camiones de carga, barcos, ferrocarril, montacargas, grúas, aves guaneras, desechos orgánicos, cargas peligrosas, líquidos combustibles, cargas a granel, ruidos intensos, etc., todo lo cual nos compromete a tomar medidas preventivas y también de mitigación, que se puede plasmar en un Plan Ambiental que, a la vez de identificar las fuentes de contaminación plantea alternativas para el control y la mitigación de los impactos ambientales.

#### **2.2.4. Efectos en la salud humana del MP<sub>10</sub>, de gases SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y del ruido**

##### **2.2.4.1. Material particulado PM<sub>10</sub>**

Se denomina MP<sub>10</sub> a pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm. Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos

como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).

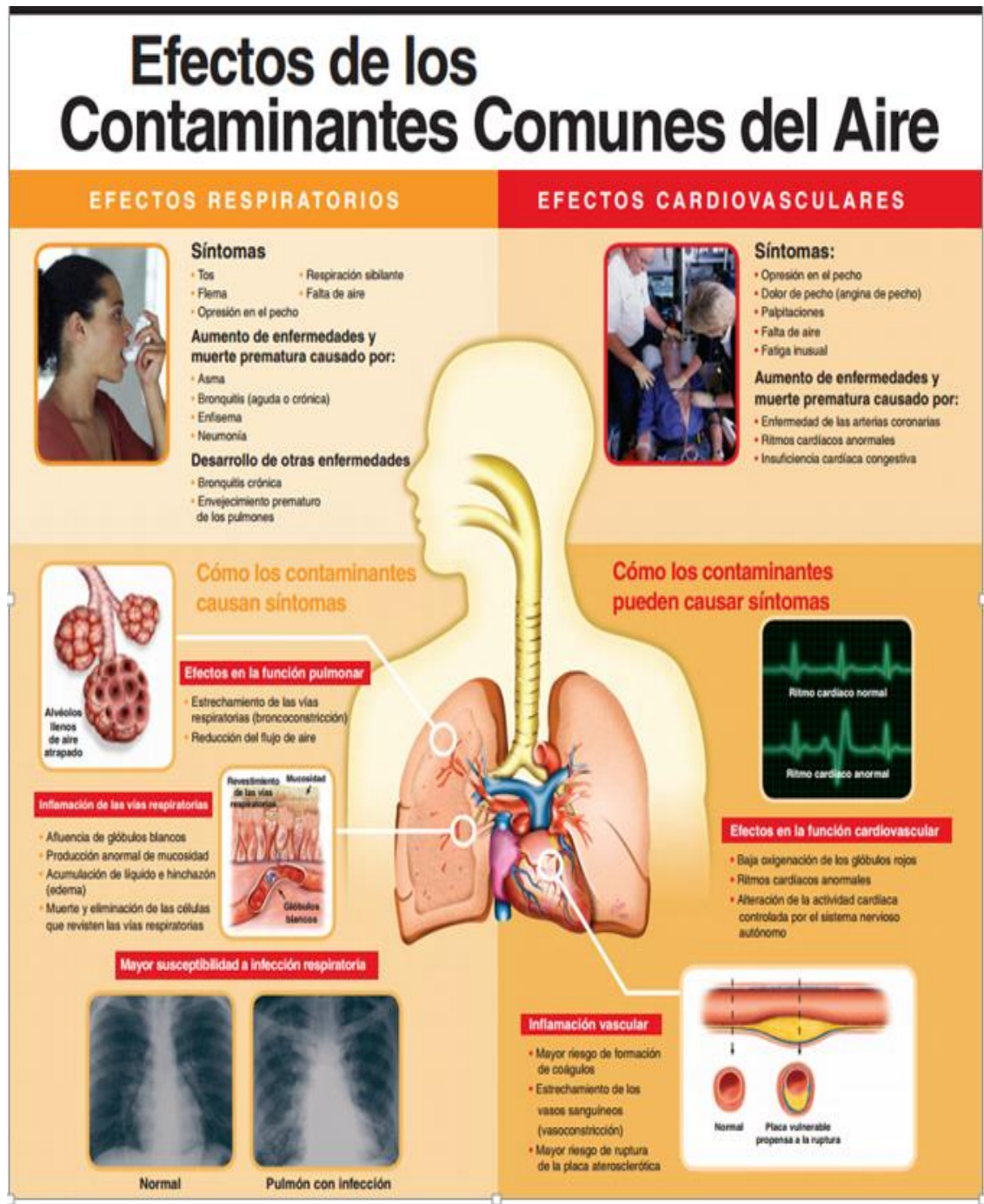
Un captador de referencia PM10 es un instrumento de muestreo a fin de evaluar la concentración másica de aquellas partículas de diámetro inferior a 10 micras.

Los efectos en la salud pueden ser:

El PM10 al ser inhaladas y al penetrar con facilidad al sistema respiratorio humano, causan efectos adversos a la salud y específicamente al sistema respiratorio. Se alojan en las zonas más profundas de los pulmones y, por estar formados por elementos tóxicos (como metales pesados en su mayor parte) generan casos de cáncer pulmonar.

Actualmente se considera que las partículas en suspensión son el problema de contaminación ambiental más severo. Las PM10 están detrás de numerosas enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, y cáncer de pulmón. A largo plazo se ha estimado que la exposición a partículas en suspensión puede reducir la esperanza de vida entre varios meses y dos años. También al exponerse a estas partículas conduce al incremento de uso de medicamentos y más visitas al médico. Los efectos a la salud pueden ser:

- Tos, dificultad para respirar.
- Agrava el asma.
- Daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias de por vida).
- Muerte prematura en individuos con enfermedades existente del corazón y del pulmón.



**Figura 6.** Efectos de los contaminantes comunes del aire.

Fuente: DIGESA, 2014

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

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas incoloro con un característico olor asfixiante. Se trata de una sustancia reductora que, con el

tiempo y en contacto con el aire y la humedad, se convierte en trióxido de azufre. La velocidad de esta reacción en condiciones normales es baja. En agua se disuelve formando una disolución ácida.

Se forman por la combustión del azufre presente en el carbón y el petróleo. El compuesto de azufre que se emite en mayor cantidad a la atmósfera es el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), seguido del ( $\text{SO}_3$ ).

El  $\text{SO}_2$  es un gas ácido, bastante estable, de olor picante e irritante, que a pesar de ser más denso que el aire, este lo desplaza rápidamente a grandes distancias, lo que constituye uno de sus principales problemas.

El  $\text{SO}_3$  es un gas incoloro y muy reactivo que se condensa fácilmente, realmente no se encuentra presente en la atmósfera ya que reacciona rápidamente con el agua formando ácido sulfúrico.

Los  $\text{SO}_x$  forman con la humedad ambiente aerosoles, incrementando el poder corrosivo de la atmósfera, disminuyendo la visibilidad y provocando la lluvia ácida. Además, si la presencia de partículas inhalables es significativa, la salud de los seres vivos se ve seriamente amenazada, al aumentar, por sinergismo, el efecto negativo de la lluvia.

Para un buen control de las emisiones de  $\text{SO}_x$ , se recomienda el cambio a combustibles con menos azufre (S) cuando sea posible. También se pueden reducir los  $\text{SO}_x$  por desulfuración de los gases de combustión mediante procesos de absorción o adsorción.

Los Efectos en la Salud pueden ser:

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos. Si bien éste es absorbido principalmente por el sistema nasal, la exposición de altas concentraciones por cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos. La concentración máxima permitida en los lugares de trabajo es de 2 ppm. (Revista Salud Geo Ambiental, N° 17, 30.05.2016)

- El valor IDLH<sup>7</sup> (Peligroso para la vida)
- Valor letal 100 ppm (262 mg/m<sup>3</sup>)
- Umbral de olor 0,5 ppm (1 mg/m<sup>3</sup>) (es detectado por el olfato humano)

#### **2.2.4.3. Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

Entre los óxidos de nitrógeno se incluyen: NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, así como sus respectivos ácidos, pero principalmente tienen interés como contaminantes el NO y el NO<sub>2</sub>, monóxido y dióxido de nitrógeno respectivamente, los demás se encuentran en equilibrio con estos, aunque su concentración carece de importancia.

Se producen mayoritariamente en la combustión de productos fósiles, siendo destacables las fuentes móviles como los vehículos, carbón y quemas de madera; También en zonas próximas a fábricas de fertilizante, químicas de nitrito y de

---

<sup>7</sup> IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) significa que es un peligro inminente para la vida y la salud.

explosivos, cocinas de llama, tabaco y calderas provocan emisiones importantes de NO<sub>x</sub>.

El NO<sub>2</sub> se genera por reacción del N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en la atmósfera a temperaturas elevadas, correspondientes a los procesos de combustión. También se forma en la atmósfera por oxidación del NO.

El NO<sub>2</sub> posee un color amarillo-pardo, propiedades redox y capacidad oxidante, lo que le confiere su carácter irritante. Este gas es, junto con la radiación solar y los compuestos de tipo reducido (COV's), el precursor del smog fotoquímico<sup>8</sup>.

El rol de estos gases en la contaminación ambiental es bastante complejo, por cuanto se trata de, gases contaminantes los cuales, además, son importantes en la formación de otros compuestos muy peligrosos como el HNO<sub>2</sub> y el HNO<sub>3</sub>.

Los óxidos de nitrógeno reaccionan con los hidrocarburos para formar ozono, el contaminante urbano más penetrante; y los óxidos de nitrógeno se convierten en finas partículas en el aire; En ciertas áreas como en el Puerto de Los Ángeles, los óxidos de nitrógeno representan aproximadamente un tercio de las partículas finas<sup>9</sup>. (Revista Portal Portuario N° 41, 2017)

---

<sup>8</sup> Se denomina smog fotoquímico a la contaminación del aire, principalmente en áreas urbanas, por ozono originado por reacciones fotoquímicas, y otros compuestos. Como resultado se observa una atmósfera de un color marrón rojizo.

<sup>9</sup> El Puerto de Los Ángeles logró reducir en un 60% sus emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en comparación con los niveles de emisiones de 2005, su nivel más bajo hasta la fecha. Hace 10 años dispuso que los barcos tenían que tener motores eléctricos. PortalPortuario.cl

## Efectos en la Salud

Aquellos que se encuentran expuestos a altos niveles de NOx en ambientes cerrados tienen propensión a resfriarse, sufren de congestión de pecho y tos crónica, bronquitis, tos de pecho con flema y espasmos de enfermedades respiratorias.

Las emisiones de NOx se generan en ambientes en los que las altas temperaturas de combustión en el motor de los vehículos, centrales de energía u hornos hacen que el oxígeno y el nitrógeno que se encuentran presentes en los aires combinen formando el NOx, el cual puede ser eliminado si se reduce la temperatura del motor o se instalan dispositivos como convertidores catalíticos.

Las emisiones de estos productos contaminantes, causan alteraciones en la salud de los trabajadores portuarios por el plomo que contiene la gasolina y se manifiesta con la disminución del transporte de oxígeno a los tejidos. Por otro lado, el 20% de las personas afectadas por la contaminación de aire, sufre de dolores de cabeza, mientras que el 25% padece mareos, vómitos y desmayos, los que a la larga causan daños cerebrales permanentes. A su vez, el exceso en la inhalación de Dióxido de Nitrógeno puede llevar a la muerte, por complicaciones pulmonares.

### **2.2.4.4. Monóxido de carbono (CO)**

“Este compuesto es el contaminante del aire más abundante en la capa inferior de la atmósfera, es muy contaminante a pequeñas concentraciones y difícil de detectar debido a su carácter incoloro, inodoro e insípido. Se produce por la combustión incompleta de compuestos de carbono, por ejemplo en calderas, tráfico, hornos, sin embargo estas fuentes facilitan su dispersión por la alta

temperatura con la que se emiten. Durante estas combustiones, el oxígeno se encuentra en una cantidad inferior a la necesaria para generar dióxido de carbono. El CO es un gas inestable que tiende a oxidarse en la atmósfera para generar CO<sub>2</sub>.” (Anister, 2014)

Alrededor del 70% de todo el CO procede de fuentes móviles, haciendo aún más difícil su detección. Genera graves problemas de salud, ya que se introduce a través del aparato respiratorio y se incorpora al torrente sanguíneo. Su toxicidad se debe a la elevada afinidad del CO por la hemoglobina, siendo incluso superior a la del oxígeno. La falta de oxígeno en determinadas zonas del cuerpo, debido a su aporte deficitario por la presencia de CO, provoca graves trastornos en organismos superiores.

Su tratamiento adecuado requiere una buena aireación en los procesos de combustión y un control adecuado de la temperatura.

El CO se produce generalmente como resultado de alguno de los siguientes procesos químicos:

- Combustión incompleta del carbono, por causa de motores mal regulados,
- Reacción a elevada temperatura entre el CO<sub>2</sub> y materiales que tienen carbono.
- Disociación del CO<sub>2</sub> a altas temperaturas.
- Oxidación atmosférica del metano (CH<sub>4</sub> procedente de la fermentación anaerobia (sin aire) de la materia orgánica.
- Proceso de producción y degradación de la clorofila en las plantas.

En un recinto portuario los principales problemas de contaminación por CO son debidos a la combustión incompleta

que ocurren tanto en los motores de los camiones alimentados con petróleo como de los motores de los barcos que transportan mercaderías y contenedores.

#### **2.2.4.5. El ruido**

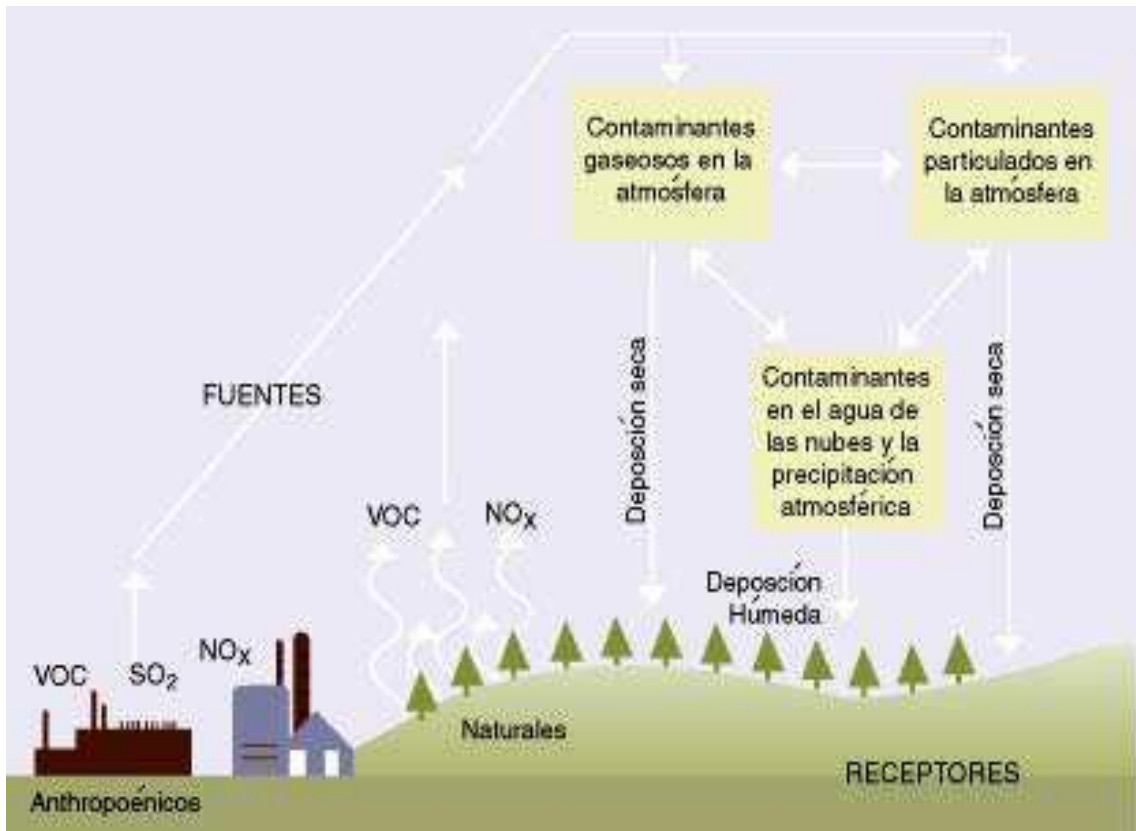
El ruido también actúa negativamente sobre otras partes del organismo, donde se ha comprobado que bastan 50 a 60 dB para que existan enfermedades asociadas al estímulo sonoro. En presencia de ruido, el organismo adopta una postura defensiva y hace uso de sus mecanismos de protección. Entre los 95 y 105 dB se producen las siguientes afecciones:

- Afecciones en el riego cerebral
- Alteraciones en la coordinación del sistema nervioso central
- Alteraciones en el proceso digestivo
- Cólicos y trastornos intestinales
- Aumento de la presión arterial
- Cambios en el pulso en el encefalograma
- Afecta directamente al sueño, la memoria, la atención y al procesamiento de la información.

#### **2.2.4.6. Monitoreo de contaminantes atmosféricos**

“El alto costo de monitorear los contaminantes de la calidad del aire con equipos especializados no permite cuantificar a todos los contaminantes presentes en el aire, es por ello que el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y anexos establece cuáles son los contaminantes a ser monitoreados y que pueden causar efectos adversos a la salud humana y al ambiente.” (Del Pino, 2016)

## Contaminantes Atmosféricos y Fuentes



**Figura 7. Origen de gases contaminantes**

Fuente: Adaptado de Zuck et al - 2006

#### 2.2.4.7. Parámetros de la calidad del aire a monitorear

**Tabla 5.**

***Parámetros a monitorear para conocer la calidad del aire.***

GRUPO	PARÁMETRO
Material Particulado	Concentración de : Material particulado respirable de diámetro menor a 10µm (PM <sub>10</sub> )
Gases	Concentración de : - Monóxido de Carbono - Dióxido de Carbono - Dióxido de Nitrógeno - Dióxido de Azufre
Meteorológicos	Condiciones atmosféricas : - Dirección de Viento - Velocidad de Viento - Temperatura - Humedad Relativa - Precipitación - Radiación Solar - Altitud - Perfil Vertical de Temperatura - Nubosidad
Ruidos	Intensidad : Ruido durante el día. Ruido durante la noche.

Fuente: Adaptado de Protocolo Nacional de Monitoreo de Aire - 2001 - DIGESA

Es conveniente indicar que los contaminantes a evaluar depende de las fuentes contaminantes, es decir, si existe un parque automotor intenso con emisiones constantes se debe de registrar el dióxido de Nitrógeno, el Monóxido de Carbono, las partículas en suspensión y posiblemente el benceno; Si la zona está contaminada por la quema de leña se debe monitorear monóxido

de Carbono y material particulado, etc. En el Protocolo Nacional de la Calidad del Aire de DIGESA se presenta la siguiente tabla:

**Tabla 6.**  
**Fuentes y Contaminantes**

FUENTE EMISORA	CONTAMINANTE A MEDIR
Vehículos, camiones, barcos, aviones, trenes, helicópteros. (tráfico intenso)	- Dióxido de Azufre - Monóxido de Carbono - Dióxido de Nitrógeno - PM10 - Ruidos
Domicilios/Consumo de Leña	- PM10 - PM2.5 - Monóxido de Carbono
Industrias y Viviendas/Consumo de Carbón	- PM10 - PM2.5 - Dióxido de Azufre
Pesqueras/	- Sulfuro de Hidrógeno - Material Particulado
Fundición	- Dióxido de Azufre
Generación Eléctrica/Consumo de Carbón, Residual y Diésel	- Dióxido de Azufre - PM10 - PM2.5
Generación Eléctrica/Consumo de Gas	- Dióxido de Nitrógeno

Fuente: Adaptado de Protocolo Nacional de Monitoreo de Aire - DIGESA

#### 2.2.4.8. Frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo

La frecuencia del Monitoreo de cada uno de los contaminantes depende de los objetivos del trabajo y de cumplir con las normativas del Decreto Supremo N° 074-2001-PCM y Decreto Supremo N° 009-2003-SA.

Se recomienda muestreos individuales con una frecuencia de 1 a 2 veces por semana y obtener valores medios anuales. La lectura debe ser por periodos de 24 horas. Siempre se aconseja establecer criterios estadísticos de datos para calcular la media anual.

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 programa.

El periodo de muestreo es el tiempo de toma de muestra de una lectura individual y corresponde al periodo en que se lleva a cabo la determinación de concentraciones de los contaminantes.

“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.” (D.S. 074-2013 Reglamento de ECA)

#### **2.2.4.9. Equipos de medición y calibración**

En la Norma DIGESA – 2005 Protocolo de Monitoreo de la calidad del Aire y Gestión de los Datos, se considera como muy importante la adecuada calibración de equipos que monitorean

gases y partículas contaminantes por organismos reconocidos, oficiales y acreditados en el Perú. A mayor frecuencia de uso del instrumento, mayor es la necesidad de contar con una calibración de equipo.

Para calibrar un instrumento es necesario disponer de uno de mayor precisión que proporcione el valor convencionalmente verdadero que es el que se empleará para compararlo con la indicación del instrumento sometido a calibración. La importancia de la calibración radica en que la antigüedad del equipo, los cambios de temperatura y el stress mecánico que soporta el equipo deterioran poco a poco sus funciones. Cuando esto ocurre los ensayos y las medidas comienzan a perder credibilidad y se refleja tanto en el resultado como en la interpretación. Estas distorsiones se pueden evitar por medio de la calibración.

La correcta calibración proporciona seguridad de que se está cumpliendo con las especificaciones técnicas y se cumple con el requisito de trazabilidad y confiabilidad de las mediciones.

#### **2.2.4.10. Descripción de monitoreo de la calidad aire**

La Organización Mundial de la Salud-OMS, establece cuatro tipos genéricos de monitoreo de la calidad del aire:

##### **A. Métodos pasivos:**

Son económicos, muy simples, no requieren electricidad, se pueden colocar en grandes cantidades, muy útiles para sondeo, mapeos y estudios de líneas base. El inconveniente es que es lenta en generación de datos. Los sensores de estado sólido, en los últimos años, son una muy buena alternativa

**B. Métodos activos:**

Económicos, de fácil manejo, operación y rendimiento confiable, cuentan con base de datos histórica. El problema es que requiere mucha mano de obra y prolongados análisis de laboratorio.

**C. Analizadores automáticos:**

De muy alto rendimiento e información en línea. El problema es el costo elevado del equipo.

**D. Sensores remotos:**

Son muy útiles cuando están cerca a la fuente, da información múltiple; sin embargo, son equipos muy sofisticados, costosos y de caro mantenimiento. Además, la OMS indica que hay que mantener el registro de las condiciones meteorológicas donde se realiza el muestreo y compararlas con las condiciones estándar dependiendo del periodo del año. La diferencia debe ser como máximo un 25% de las condiciones ideales.

Por último, la selección de los sitios de monitoreo deben de tener relación con los objetivos del trabajo, buscando que sea siempre la ubicación más representativa, que exista ausencia de sustancias químicas expuestas, vientos intensos y máxima seguridad con la protección de los equipos. También la norma establece que se debe de conocer las principales fuentes de emisiones contaminantes y tener una referencia de qué tipos de componentes emiten y por último se deben de considerar las adecuadas condiciones atmosféricas y topográficas de la zona en estudio.

**Tabla 7.**

***Presencia de gases contaminantes en el aire, sus orígenes y los principales efectos producidos en la salud humana.***

COMPUESTOS	ORIGEN	EFFECTOS
Compuestos de Azufre SO <sub>x</sub>	Combustión de carburantes fósiles. <ul style="list-style-type: none"><li>• Procesos industriales.</li><li>• Erupciones volcánicas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lluvia ácida, y por tanto provoca corrosión de materiales y alteración del suelo y las aguas.</li><li>• En humanos provoca afecciones respiratorias.</li><li>• Afecta a musgos, líquenes coníferas.</li></ul>
Óxidos de Nitrógeno NO <sub>x</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Industria química.</li><li>• Procesos de combustión en general: motores.</li><li>• Incendios.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cuando se combina con la humedad del aire, pueden dar lugar a ácidos corrosivos.</li><li>• En humanos se relaciona con la fibrosis pulmonar quística.</li><li>• Causa daños en las plantas.</li></ul>
Óxidos de Carbono CO <sub>x</sub>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combustibles fósiles.</li><li>• Degradación de la materia orgánica.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En determinada concentración puede producir la denominada muerte dulce, al sustituir el oxígeno en el torrente sanguíneo.</li><li>• Aumento del efecto invernadero.</li></ul>
Compuestos Orgánicos Volátiles COV's	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vehículos o fuentes estacionarias que emplean gasóleos, etc.</li><li>• Quemadas agrícolas.</li><li>• Industria química farmacéutica.</li><li>• Fabricación de pinturas, barnices y resinas.</li><li>• Industria automovilística</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Precursores del smog fotoquímico.</li><li>• Los COV's presentes en la atmósfera de las grandes ciudades se asocian con el cáncer de piel.</li></ul>
Ozono Troposférico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acción de la luz solar sobre c (NO<sub>2</sub> y COV's).</li><li>• Descargas eléct. en tormentas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Irritación del aparato respiratorio.</li><li>• Daños en las plantas.</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

### **2.3. Definición de términos**

- **Gases contaminantes**

Los gases contaminantes son elementos que, concentrados en altas cantidades en la atmósfera, generan riesgos y problemas medioambientales y para los seres vivos. Una parte de los

mecanismos de generación de estos gases contaminantes son de origen natural como los volcanes, pero el problema surge en los procesos industriales (antropogénicos) que implican combustión de elementos fósiles o el uso excesivo del transporte por carretera entre otros.

- **Gestión Ambiental**

Un Sistema de Gestión Ambiental es un proceso cíclico de donde se planean, implementan, se revisan y mejoran los procedimientos y acciones que lleva a cabo una organización para realizar sus actividades garantizando el cumplimiento de la política ambiental, las metas y objetivos ambientales.

- **Muestreador de partículas**

Son equipos que, tras haber sido sometidos a un proceso de calibración, permiten medir la cantidad de partículas MP10, MP2,5 que existen en un determinado volumen de aire.

- **Lluvia ácida**

Lluvia con ácidos disueltos, principalmente ácido sulfúrico y nítrico, procedentes de combustibles fósiles y de motores de explosión.

- **Smog fotoquímico**

Se denomina smog fotoquímico a la contaminación del aire, principalmente en áreas urbanas, por ozono originado por reacciones fotoquímicas, y otros compuestos. Como resultado se observa una atmósfera de un color plomo o negro.

- **Cuadro de mando integral**

El Cuadro de Mando Integral (CMI), también conocido como Balanced Scorecard (BSC) o dashboard, es una herramienta de control que permite, cuando se aplica en gestión ambiental,

establecer y monitorear los objetivos para combatir la contaminación y mejorar la calidad del aire.

- **Calentamiento Global**

El calentamiento global es la presencia anormal de gases de efecto invernadero- GEI, especialmente CO<sub>2</sub>, en la atmósfera, lo cual genera aumento de la temperatura, cambio drástico del clima, deshielo de los polos, inundaciones, tormentas, etc todo lo cual pone en riesgo la vida en el planeta Tierra.

- **Efecto Invernadero**

Subida de la temperatura de la atmósfera que se produce como resultado de la concentración en la atmósfera de gases, principalmente dióxido de carbono.

Si se mantiene la concentración atmosférica de los principales gases responsables del efecto invernadero, la temperatura media de la Tierra habrá ascendido 1,3 °C en el 2020 y 3 °C en el 2070.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

El diseño de investigación a aplicar corresponde a descriptivo y cuasi experimental.

La investigación descriptiva.

Trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Los tipos de estudios puede incluir los siguientes: encuestas, casos exploratorios, causales, de desarrollo, predictivos, de conjuntos, de correlación. En nuestro caso, se asume "a priori" un determinado nivel de material particulado, gases contaminantes y ruido en el aire del MASP que alteran su calidad.

La investigación cuasi experimental.

Es aquella en la que existe una exposición, una respuesta y una hipótesis para contrastar, pero no hay aleatorización de los sujetos a los grupos de tratamiento y control, o bien no existe grupo control propiamente dicho.

La principal diferencia con los experimentales consiste en que no hay aleatorización en la distribución de los sujetos en los grupos.

El experimento diseñado en el presente trabajo establece lo siguiente:

- Una exposición: Que vienen a ser las variables independientes ( $MP_{10}$ , gases y ruido) que participan o “se exponen” en el evento.
- Una respuesta: Se refiere a la variable dependiente (la contaminación) es decir, el efecto que causan los gases contaminantes y,
- Una hipótesis: Viene a ser la propuesta de un Plan Ambiental para el MASP.

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. La población**

La población en la presente investigación la constituyen todas las operaciones portuarias que se realizan en el recinto del Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica, las cuales generan gases contaminantes, material particulado y ruidos intensos. Las mencionadas actividades portuarias utilizan para sus fines elementos que generan impacto ambiental como son los camiones, los montacargas, las grúas, los barcos, el ferrocarril, etc. y los efectos generados por los mismos elementos en el vecino Terminal Portuario de Arica, que por su cercanía al MASP, lo impactan de manera directa.

### **3.2.2. La muestra**

Es importante considerar que no todas las actividades portuarias realizadas en el MASP causan los mismos efectos contaminantes. Se ha tomado a modo de muestra las actividades desarrolladas en dos escenarios: El frente de atraque y el patio de contenedores. En estos dos lugares se desarrollan la mayor cantidad de operaciones como son la carga y descarga de los

contenedores, desplazamiento de graneles (sólidos y líquidos), movimientos de cargas perecibles y transporte de carga general (materiales diversos bultos, máquinas, etc). La recopilación de datos, a modo de encuestas<sup>10</sup> se realizó tomando en cuenta a una parte de los trabajadores tanto de ENAPU S.A. como de la oficina de ADUANAS, también se consideró a los conductores de camiones, pilotos de montacargas, choferes de grúas, los tripulantes de barcos, así como también a los clientes y a los visitantes.

**Tabla 8.**  
**Personal administrativo y operativo del MASP.**

TIPO DE TRABAJO	NUMERO DE PERSONAS	FUNCIONES BÁSICAS
ADMINISTRATIVOS	5	Elaboración de: Planillas Registro de Proveedores Control de Pagos. Despacho de mercaderías. Estadísticas generales. Contabilidad
OPERATIVOS	12	Carga/ descarga de Mercaderías. Conducción de vehículos de carga. Almacenaje.
SERVICIOS ADUANEROS	2	Control aduanero. Aforo de mercadería. Emisión de documentos de salida.
VIGILANTES (POR TURNO)	4	Supervisión de ingreso/salida de proveedores y visitantes. Emisión de fotochecks. Vigilancia del recinto portuario.
<b>SUB - TOTAL</b>	<b>23</b>	
PERSONAL DE TRIPULACIÓN	<b>345</b>	Manejo de grúas navieras. Portaloneros Estibadores de abordó Gavieros,etc
<b>TOTAL</b>	<b>368</b>	

Fuente: Elaboración propia.

<sup>10</sup> Las encuestas se encuentran en anexos.

### 3.3. Operacionalización de variables

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que se les llama indicadores.

Se entiende por operacionalización de las variables que las variables independientes serán sometidas a un proceso de medición con instrumentos adecuados con lo cual se tendrá un indicador de su presencia.

#### **Variables Independientes:**

Están formadas por las emisiones de los siguientes componentes:

1. Dióxido de Azufre             $\text{SO}_2$
2. Monóxido de Carbono        $\text{CO}$
3. Dióxido de Nitrógeno        $\text{NO}_2$
4. Dióxido de Carbono         $\text{CO}_2$
5. Material Particulado         $\text{PM}_{10}$
6. Ruido

Las variables independientes serán sometidas a mediciones en dispositivos electrónicos (como el Concentrador de Partículas MP10 HI-VOL ThermoScientific) capaces de detectar partículas en suspensión de diámetro menor a 10 micras; también se utilizarán los Sensores Electrónicos que vienen a ser los dispositivos que están en capacidad de cuantificar las concentraciones de gases expresadas en microgramos de participación por metro cúbico de aire, es decir  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y por último se aplicará el Sonómetro para cuantificar la intensidad del ruido en el MASP.

Gracias al uso de equipos medidores, de previa calibración, se podrá conocer en qué grado se halla la degradación del aire y, gracias a los

datos recolectados en los equipos y sensores, se podrán tomar las medidas de mitigación correspondientes.

### **3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos**

#### **3.4.1. La técnica y la estrategia de trabajo**

##### **3.4.1.1. Periodicidad de Muestreo**

Se consideró conveniente realizar monitoreos con periodicidad trimestral (marzo – junio – septiembre – diciembre) durante el año 2015 de tal forma que se tenga un espectro regular de control en las diferentes estaciones del año que podría favorecer las comparaciones de los resultados para contrastar en la interpretación de resultados.

##### **3.4.1.2. Identificación de contaminantes a detectar**

El trabajo se centró fundamentalmente en conocer la presencia de los principales contaminantes del MASP: El MP10, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y la presencia de ruido.

##### **3.4.1.3. Ubicación de estaciones de control y condiciones meteorológicas**

Se requirió la ubicación de 2 estaciones de control debido al diseño recto del muelle peruano. La distancia entre ellas es de 300 m. La primera estación de control estaría ubicada en la zona del frente de atraque, que es el lugar de mayor concentración de barcos y vehículos motorizados, es decir donde se desarrolla el transporte intermodal (mar-tierra). La otra estación se ubicaría en

la zona del patio de almacenamiento de contenedores, donde convergen los montacargas, camiones y grúas, además esta segunda estación estaría cerca a los depósitos de los minerales a granel que, de manera permanente, desprenden micro partículas del mineral.

**Tabla 9.**  
***Estaciones de Monitoreo***

ESTACIÓN	UBICACIÓN	COORDENADAS	ALTURA (m.s.n.m.)	DISTANCIA A CABEZO DE MUELLE
EM-01	Frente de Atraque	Latitud 18.47°S Longitud 70.3° O	6 m.	35 m.
EM-02	Patio de Contenedores	Latitud 18.47 S Longitud 70.4 O	7.5m.	342 m.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de Datos de DIGESA – 2005 para evaluar gases contaminantes las condiciones atmosféricas y climatológicas deben situarse en rangos estandarizados que desvirtúen factores extremos que pueden alteren los resultados obtenidos. Para el caso del MASP Arica se deben considerar los rangos siguientes:

**Tabla 10.**  
***Condiciones Meteorológicas para realizar muestreos***

INDICADORES CLIMATOLÓGICOS	RANGO / CONDICIÓN
Temperatura	15° C - 24° C
Sensación térmica	18° C - 28° C
Niveles de nubosidad	Cielo despejado, en la mayoría de casos.
Precipitaciones promedio anual	9 mm. (considerado clima seco en extremo)
Presión atmosférica	1 Atmósfera.
Velocidad del viento	10 nudos (16 km/h)
Humedad relativa	62%

Fuente: Elaboración propia

Una vez recogidas las muestras es necesario llevarlas al laboratorio y evaluar el contenido de los siguientes parámetros: Material Particulado PM10 – y los gases monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxido de nitrógeno, para determinar la concentración en cada una de las estaciones de control.

### **3.4.2. Instrumentos y técnicas para recolección de datos**

Cada una de las variables independientes tendrá un instrumento confiable que permitirá cuantificar su nivel de participación en la composición del aire en el MAS.

#### **3.4.2.1. Instrumento para material particulado**

- A. Equipo Muestreador Hi-Vol MP 10, ThermoScientific.  
Equipo de Alto Volumen para Material Particulado.  
Una toma de muestra de aire a flujo constante a través de un cabezal especial separa las partículas mayores a 10 µm. Luego, las partículas menores a 10 µm son colectadas en un filtro durante un periodo de muestreo específico.
- B. Cada filtro es desecado y pesado antes y después del muestreo, obteniendo de esta manera el peso neto de la muestra.
- C. El volumen total del periodo de muestreo debe ser corregido a condiciones estándar (25 ° C y 1 atm).
- D.  $V_{std} = V_a \left( \frac{P_a}{760 \text{ mmHg}} \right) \left( \frac{273}{273 + T_a} \right)$   
Donde:  $V_{std}$ : volumen estandarizado, en m<sup>3</sup>  
 $V_a$ : Volumen actual, en m<sup>3</sup>  
 $P_a$ : Presión ambiental, en mm Hg  
 $T_a$ : Temperatura ambiental, en °C  
Masa hallada en laboratorio / volumen muestreado estandarizado ----) Concentración en µg/m<sup>3</sup>

- E. El límite de cuantificación de concentración de PM10 estará indicado por el momento que la saturación del filtro ocasione la del flujo por debajo del rango para el cual está diseñado el equipo. No obstante, todo muestreador debería ser capaz de medir concentraciones de PM10 de por lo menos  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- F. La precisión de los muestreadores de PM10 debe ser de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para concentraciones que se encuentren por debajo de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y 7% para concentraciones que se encuentren por encima de los  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 8. Equipo muestreador de MP10**



**Figura 9. Instalación de equipo muestreador MP10**

#### **3.4.2.1.1. Fuentes potenciales de error:**

Partículas volátiles colectadas en los filtros son pérdidas con frecuencia durante el traslado y acondicionamiento final de los filtros. Por ello, los filtros deben ser pesados lo más rápido posible luego del muestreo para minimizar pérdidas.

Errores positivos en las concentraciones de PM10 pueden ser resultantes de la retención de especies gaseosas en los filtros, estos errores incluyen la retención de  $\text{SO}_2$  y  $\text{HNO}_3$ . Este error aumenta cuanto mayor es la alcalinidad del material filtrante.

- **Humedad**

Los efectos de la humedad en la muestra son inevitables. El acondicionamiento del filtro está diseñado para minimizar los efectos de la humedad en el medio filtrante.

- Manejo de filtro

Manejo cuidadoso de los filtros entre pre y post-muestreo es necesario para evitar errores debido a daños o pérdida en los filtros con partículas.

- Variación del flujo

Variaciones en el flujo puede alterar la discriminación del tamaño de las partículas en la entrada al sistema de muestreo. La magnitud de este error dependerá de la sensibilidad de la entrada a las variaciones del caudal. El uso de un dispositivo de control de flujo es necesario para reducir al mínimo este error.

#### **3.4.2.1.2. Materiales para cuantificación de PM10**

- Extensiones eléctricas
- Manómetro Digital
- Cartas de Flujo
- Guantes de Nitrilo
- Libreta de campo
- Silicona para retención de partículas mayores a 10 micras: 316 Silicone
- Release Spray
- Conos de Seguridad
- Caja de con Herramientas Básicas
- Baterías
- Plumón
- Pizarra
- Filtros de Cuarzo para Calidad de Aire
- Cinta adhesiva

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

- Se recogen filtros, se pesan y se identifican evitando tocar directamente con las manos para lo cual se utilizan guantes de nitrilo.
- Revisión de carbones y el motor en su conjunto.
- Revisión del cabezal, que esté muy limpio y que tenga la silicona impregnada en la parte externa de los orificios para y que permita que las partículas mayores micrones ingresen a través del impactador y sean retenidas en la grasa y las menores a 10 micrones ingresen a través del impactador y sean retenidas ven el filtro.
- Se verifica que las Cartillas de Flujo (*Flow Chart*) estén en posición de marcar muestreo de ingreso de aire en 24 horas ininterrumpidas.
- Es conveniente no muestrear en tiempo de alteraciones climatológicas.
- Se verifica el suministro eléctrico que sea total en las 24 horas de lo contrario se presentan grandes errores.
- Una vez verificado la situación total del equipo se procede a instalar el equipo en la Estación de Control y se completa su ensamble.
- El cabezal se coloca al final de la instalación.
- Se coloca el filtro usando guantes con sumo cuidado para evitar contaminación cruzada.
- Por último, se engancha el cabezal con los sujetadores.
- Para comenzar el monitoreo el temporizador se debe programar por 24 horas y luego se procede a encender el equipo.
- Es importante, antes de retirarse, verificar la estabilidad del Hi – Vol que esté firme en el piso y que funcione la fuente energía.

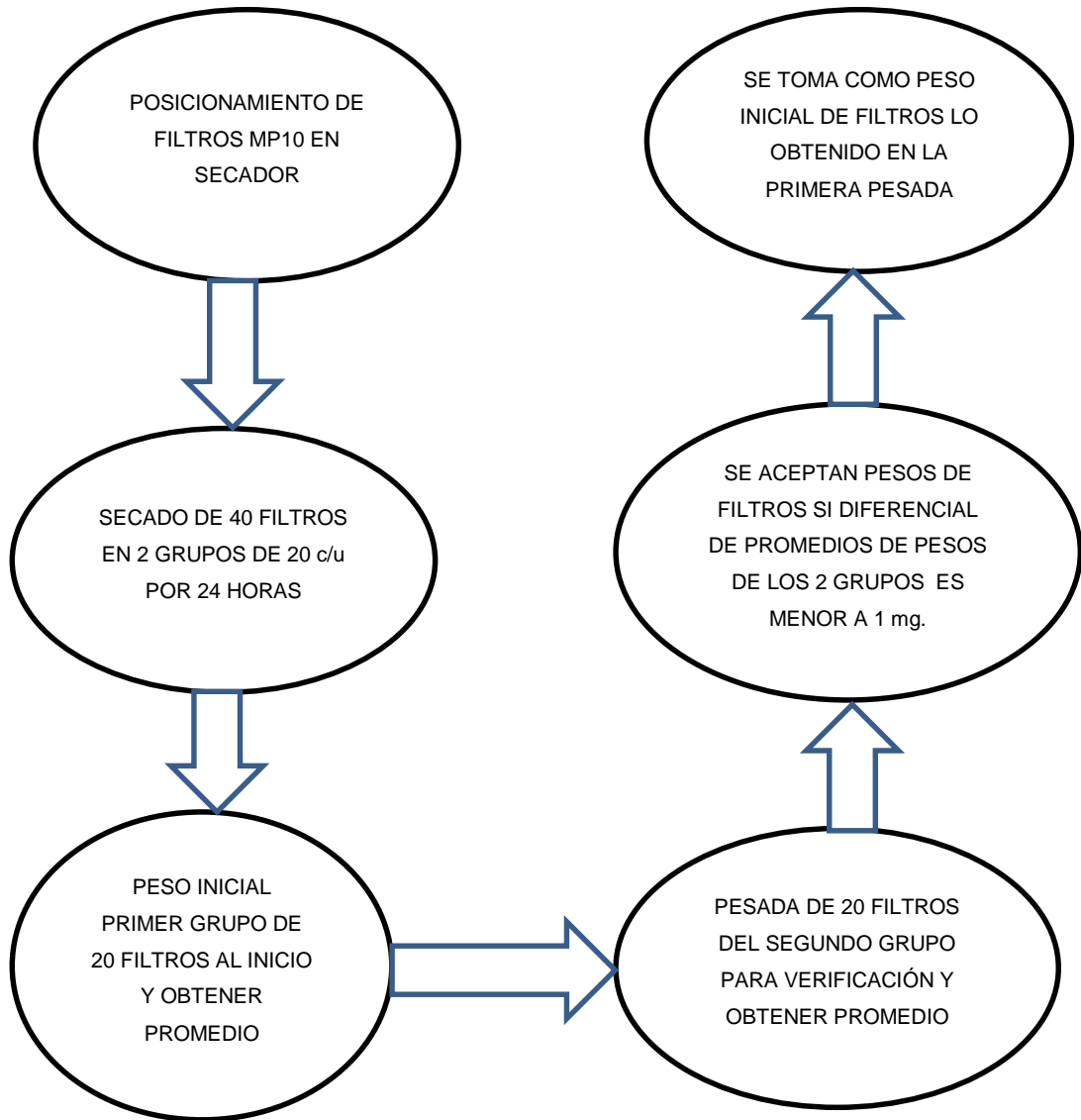
### **3.5.1. Material particulado MP10**

#### **3.5.1.1. Toma de muestra**

- Con sumo cuidado se procede a retirar la tapa protectora del porta filtro, con los guantes de nitrilo, se retira el filtro muestreado en un lugar que no corra viento, de preferencia, cerrado.
- En un sobre, rotulado y sellado, se guarda el filtro doblado con la parte interna que contiene la muestra.
- Se retira con mucho cuidado la Carta de Flujo y se guarda en escritorio.
- Se desmonta el aparato, guardando las herramientas y el material utilizado.
- El mismo procedimiento se realiza en la otra estación.
- En la etapa del Post Muestreo se debe llenar cuidadosamente la cadena de custodia (volumen estándar con apoyo de datos meteorológicos, la diferencia de presiones, humedad, etc.).

### 3.5.1.2. Trabajo en laboratorio: Pre muestreo MP<sub>10</sub>

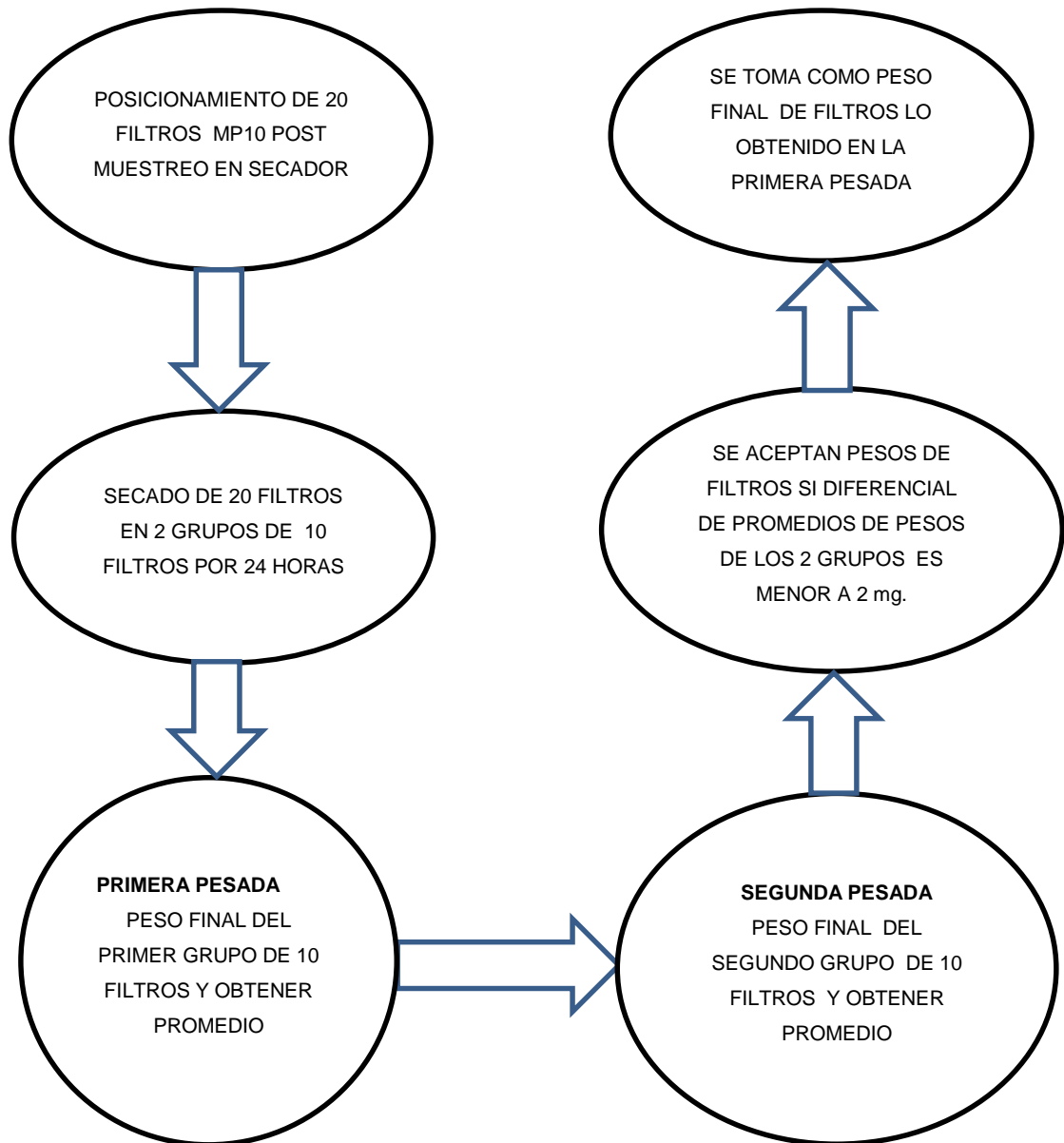
**Tabla 11.**  
**Proceso de Pre Muestreo para detectar MP<sub>10</sub>**



Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.1.3. Trabajo en laboratorio: Post muestreo MP<sub>10</sub>

**Tabla 12.**  
**Proceso de Post Muestreo para detectar MP<sub>10</sub>**



Fuente: Elaboración Propia

#### MUY IMPORTANTE:

- ✓ Hay que realizar el reporte de la información meteorológica y sus interferencias.
- ✓ Tomar en cuenta que la humedad retenida por el filtro puede influir en los cálculos. Algunos gases y vapores pueden reaccionar con la superficie del filtro.
- ✓ Es aconsejable emplear filtros neutros (alcalinos) para evitar reacciones.
- ✓ No realizar desmontaje de filtros cuando cerca se encuentran autos con motores prendidos, ya que los humos pueden dañar la muestra de manera significativa.

#### 3.5.2. Medida del ruido

- A. **Estrategia.** Se trata de realizar mediciones en el interior del MASP Arica en las zonas donde el ruido produce el mayor impacto ambiental. Las zonas son el frente de atraque y el patio de contenedores.
- B. **Base legal.** Se consideró el amparo legal establecido en el D.S. N° 085 -2003 PCM “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Ruido”.
- C. **Información a registrar:**
- Variabilidad de la emisión de la fuente del ruido.
  - Datos Cualitativos. Localizar el origen del ruido así como la naturaleza y carácter de la misma que puedan tener relevancia durante el monitoreo.
  - Datos Cuantitativos. Una vez culminado al tiempo de monitoreo se procede a registrar los datos obtenidos por el equipo.

- D. **Equipo utilizado.** Se utilizó el Sonómetro QUEST modelo SoundPRO, previamente calibrado a 114 dB.
- E. **Tiempo de medición:** Inicio: 13:54 hrs. Final: 15:39 hrs.
- F. **Ubicación de equipos:** La instalación de los Sonómetros se realiza sobre una base tipo Trípode en las dos zonas de monitoreo, cuidando siempre de la seguridad de los equipos sobre posibles hurtos y, además, que no se encuentren en el camino de personas y vehículos.
- G. **Frecuencia de medición:** Cada 3 meses (marzo-junio-septiembre-diciembre).



**Figura 10. Sonómetro Quest Mod. SoundPro.**

**Tabla 13.**

***Valores referenciales de los estándares de ruido***

ZONAS DE APLICACIÓN	Límites Máximos Permisibles - dB	
	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
ZONAS DE PROTECCIÓN ESPECIAL	60	40
ZONA RESIDENCIAL	60	50
ZONA COMERCIAL	70	60
ZONA INDUSTRIAL	80	70

Fuente: D.S.083 – 2003 PCM (Elaboración personal)

**3.5.3. Medida del monóxido de carbono - CO**

**A. Objetivo**

La medición del monóxido de carbono permite determinar la concentración de este gas venenoso en el ambiente y de esta forma asegurar que en lugares donde se emite monóxido de carbono (CO) la concentración se encuentra en los límites adecuados que establece la legislación vigente para evitar la contaminación.

**B. Equipo utilizado**

Medidor Digital de Monóxido de Carbono Marca Trotec Multi Measure Modelo BG20.



**Figura 11. Sensor de CO Trotec Mod. Bg20**

### **C. Ventajas de medidor digital de CO**

- Rápido y de eficaz medición de concentraciones de monóxido de carbono (CO) en el ambiente y aire.
- Rango de medición: 0 - 1000 ppm.
- Límite de aviso de alarma ajustable
- Pantalla retro iluminado
- Memoria para toma de 10 medidas
- Auto apagado a los 15 minutos de operación para mayor duración de pilas alcalinas.

### **D. Modo de uso del Medidor Digital de CO**

Su diseño permite que el medidor de gas pueda ser utilizado con una única mano en la zona de monitoreo.

### **E. Zonas de monitoreo**

Las zonas de monitoreo de CO se ubican en las inmediaciones de concentraciones de vehículos motorizados, es decir en el frente de atraque y el patio de contenedores.

## F. Características técnicas

**Tabla 14.**

***Característica Técnicas de Sensor Trotec MG20***

<b>Especificaciones</b>	<b>Medidor de Monóxido de Carbono.</b>
Rango de medida	0 - 1,000 ppm
Resolución	1 ppm
Exactitud	±5 % or ±10 ppm
Tipo de Sensor	Sensor de gas electroquímico estabilizado (CO)
Puesta en marcha	menos de 20 segundos
Funciones	Máximo valor. Función Hold. Display retro iluminado Función de aviso por alarma Auto apagado Memoria para 10 medidas
Condiciones	0 °C to 50 °C, 0 % to 99 % r.h. (sin condensación)
Dimensiones	160 x 56 x 40 mm
Peso	180 g

## G. Riesgos para la salud del monóxido de C - CO

La exposición accidental al monóxido de carbono es la principal causa de fallecimiento por envenenamiento de gas en automóviles a nivel mundial.

Debido a que el monóxido de carbono es un gas inodoro e incoloro, es difícil determinar su nivel de concentración en el ambiente. Por lo tanto es conveniente estar alerta a los síntomas que provoca la intoxicación con este gas; mareos, aturdimiento, somnoliento o náuseas. Reconocer y advertir a tiempo estos síntomas puede salvar vidas.

En la mayoría de los casos de intoxicaciones involuntarias con monóxido de carbono, las víctimas no se dan cuenta del riesgo que corren cuando se está acumulando el gas en el aire que respiran.

Cualquier persona está expuesta a las graves consecuencias de intoxicarse con monóxido de carbono, siendo mayor problema y de más riesgo para los bebés y aquellas personas que padecen enfermedades cardíacas, anemia o problemas respiratorios.

#### **H. Frecuencia de medición**

Este gas será medido cada tres meses (marzo-junio-septiembre–diciembre) y en cada oportunidad tendrá una duración de 40 minutos.

#### **I. Límite máximo permisible: 10 000 ug/m<sup>3</sup>**

Según normas legales: (Unidades expresadas: ug / m<sup>3</sup>)

- a. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos (R.D. N° 1404-2005-DIGESA/SA).
- b. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM “Reglamento de Calidad Ambiental para Aire”

#### **3.5.4. Medida del dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>**

- A. Objetivo:** Detectar, mediante un sensor, las concentraciones de CO<sub>2</sub> en el aire aprovechando las propiedades absorbentes de sus átomos a la radiación infrarroja – IR, y lo realizan de una manera diferenciada y característica. Es posible detectar

otros gases como el metano, el monóxido de carbono, óxidos de Nitrógeno, óxidos de azufre, etc. aplicando sensores de IR.

**B. Sensor utilizado:** El sensor corresponde a la marca PCE Instruments modelo 7755, que realiza mediciones del CO<sub>2</sub> a diferentes temperaturas y presión constante.



**Figura 12. Sensor CO<sub>2</sub> PCE Instruments Mod. 7755**

**C. Funcionamiento del sensor:** Los principales componentes de un detector de CO<sub>2</sub> de IR son la fuente de luz, la cámara de medición, el filtro de interferencia y el detector de IR. La radiación de IR se traslada desde la fuente de luz a través del gas medido hasta el detector. Un filtro ubicado en la parte de adelante del detector impide que otras longitudes de ondas que no sean las específicas del gas medido pasen a través del detector. Así, se detecta la intensidad de la luz y se convierte en un valor de concentración de gases.

El sensor cuenta con un filtro específico Interferómetro Fabry-Pérot (FPT) sintonizable eléctricamente para medir la longitud de onda doble. Esto significa que, además de medir la

absorción de CO<sub>2</sub>, el sensor también realiza una medición de referencia, que compensa cualquier cambio que se produzca en la intensidad de la fuente de la luz y también la acumulación de suciedad y la contaminación. Esto hace que el sensor presente un alto nivel de estabilidad con el tiempo.

**D. ventajas de los sensores:** Los sensores de IR presentan muchos beneficios respecto de los sensores químicos. Son estables y altamente selectivos del gas medido. Tienen un ciclo de vida extenso y, debido a que el gas medido no interactúa en forma directa con el sensor, los sensores de IR soportan la humedad alta, el polvo, la suciedad y otras condiciones hostiles.

**E. Posicionamiento:** Cuando se realizan mediciones de CO<sub>2</sub> a los efectos de la seguridad personal, los transmisores deben instalarse cerca de los potenciales puntos de fuga para permitir una detección temprana. Deben tenerse en cuenta factores como la geometría, la ventilación y el flujo de aire del área monitoreada. La cantidad y la ubicación de los transmisores de CO<sub>2</sub> deben definirse por medio de la evaluación del riesgo. En la presente investigación, las zonas seleccionadas fueron las estaciones de monitoreo 1 (EM-01) ubicada en el frente de atraque y la estación de monitoreo 2 (EM-02) establecida en el patio de contenedores.

### **3.5.5. Medida de dióxido de nitrógeno**

**A. Objetivo:** El objetivo es realizar mediciones de NO<sub>x</sub> y cuantificar las concentraciones de los óxidos de nitrógeno en el aire que son producidos por las reacciones exotérmicas de

los motores de combustión y son causa significativa de la contaminación del aire.

**B. Peligros de los NO<sub>x</sub>:** Es el gas más predominante que contribuye a las condiciones asmáticas de miles de personas en cada ciudad o en lugares de poco espacio pero de alto tráfico de vehículos motorizados como en un puerto. Además el NO<sub>x</sub> es un importante componente del Smog Fotoquímico encontrado en numerosas ciudades industrializadas. Realizar mediciones de NO<sub>x</sub> es un requerimiento para la mayoría de Proyectos de Monitoreo de la Calidad del Aire, ya que es uno de los 6 contaminantes a medir según criterio de la U.S. EPA<sup>11</sup>.

**C. Instrumento:** Analizador de Gases de Nitrógeno

Marca PCE Instruments Modelo Gasman



**Figura 13. Sensor de NO<sub>x</sub> PCE Instruments Mod. Gasman**

---

<sup>11</sup> U.S. EPA corresponde a las siglas de U.S. Environmental Protection Agency (la agencia de protección ambiental de Estados Unidos, encargada de proteger la salud humana y también proteger el medio ambiente: aire, agua y suelo).

**D. Funcionamiento:** La quimiluminiscencia es una técnica analítica basada en la medición de la cantidad de luz generada por una reacción química. Los analizadores de Óxidos de Nitrógeno, NO<sub>x</sub> utilizan este principio a partir de la reacción que tiene lugar entre el óxido nítrico (NO) contenido en la muestra de aire y el ozono (O<sub>3</sub>) que genera, en exceso, un dispositivo que es parte de los componentes del instrumento. La luz emitida se encuentra en el intervalo del infrarrojo entre 500 y 3000 nm<sup>12</sup>: El NO en una muestra de aire reacciona con el O<sub>3</sub> para formar dióxido de nitrógeno en estado de excitación.

Posteriormente, cuando el dióxido de nitrógeno generado vuelve al estado inicial emite una luz característica en una cantidad proporcional a la concentración del NO contenido en la muestra. (Jahnke, 1993, pp,34)

**E. Formación de NO<sub>x</sub>:** La mayor parte de los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante procesos de combustión a temperaturas elevadas. Una de las características de estos dos compuestos es que participan en la formación de los contaminantes secundarios que producen la contaminación fotoquímica.

La reacción de NO con el oxígeno para dar NO<sub>2</sub> no se produce en la zona de combustión, debido a la inestabilidad de este a elevadas temperaturas, solo cuando la temperatura desciende por debajo de los 600 °C se empieza a formar el NO<sub>2</sub>, aunque en cantidades muy reducidas, pues la velocidad de reacción es

---

<sup>12</sup> Para mayor comodidad, usamos la medida del nanómetro (nm.), que mide una milmillonésima parte de un metro (10<sup>-9</sup> metros). El sistema visual humano es sensible a las longitudes de onda situadas entre los 380 y los 780 nanómetros.

muy baja. Así pues, la mayor parte de los NOX emitidos a la atmósfera lo son en la forma de NO, siendo el NO<sub>2</sub> fundamentalmente un contaminante de tipo secundario. (Carnicer, 2007, pp.55)

**F. Características del NO<sub>2</sub>:** El NO<sub>2</sub> es un gas pardo rojizo, fuertemente toxico, cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico en los procesos de combustión de los vehículos y fábricas, el NO<sub>2</sub> participa en las reacciones atmosféricas que dan lugar a la formación del ozono, contaminante secundario gaseoso que afecta pulmones y vías respiratorias. (Secretaria Distrital de Ambiente, 2005,pp.65)

La contribución del NO<sub>2</sub> al aire contaminado en las ciudades es significativo, pues concentraciones relativamente bajas pueden causar efectos nocivos sobre la salud humana, suprimen el crecimiento de la vegetación y aceleran la corrosión de los metales. Las fuentes antropogénicas de los óxidos de nitrógeno están asociadas a los procesos de combustión a altas temperaturas. (Cuesta Santos, Toledo Villa, & Vidaillet Rodriguez, 1995, pp.57)

### **3.5.6. Medida de dióxido de azufre**

**A. Objetivo:** Determinar los niveles de concentración en ug/m<sup>3</sup> del Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> que es un gas incoloro pero sumamente tóxico de olor muy penetrante que puede poner en riesgo la vida si se le expone a una persona un tiempo no muy prolongado, al combinarse con agua, el SO<sub>2</sub> forma ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ). Por esta razón, el dióxido de azufre puede quemar el tracto respiratorio al inhalarse. Una dosis alta de

dióxido de azufre puede provocar la muerte rápidamente porque envenena a la persona a través de los pulmones cuando ésta lo inhala.

**B. Instrumento de medición:** Para este caso se utilizó el detector Marca Bestone Modelo Meter.



**Figura 14. Sensor de SO<sub>x</sub> Marca Bestone Mod. Meter**

Los analizadores de Dióxido de Azufre emplean el principio de fluorescencia pulsante que se basa en el hecho de que las moléculas de SO<sub>2</sub> absorben radiación ultravioleta (UV) a una longitud de onda en el intervalo de 210-410 nm, entrando en un estado instantáneo de excitación para posteriormente decaer a un estado de energía inferior, emitiendo un pulso de luz fluorescente de una longitud de onda mayor en el intervalo de 240 a 410 nm. (Cuesta Santos, Toledo Villa, & Vidaillet Rodriguez, 1995, pp.77)

### C. Efectos del SO<sub>2</sub> en los seres humanos

**Tabla 15.**  
**Efectos de SO<sub>2</sub> en seres humanos**

NIVEL EN PPM	RESULTADOS EN HUMANOS
0,3 - 1	El sentido del gusto es el primero que detecta la presencia de dióxido de azufre.
5	Nivel de exposición admisible (OSHA).
3	El olor se percibe fácilmente.
6 - 12	Irritación en la nariz y la garganta.
20	Irritación en los ojos.
50 - 100	Exposición máxima durante un período de 30 minutos.
400 - 500	Las concentraciones peligrosas pueden provocar edema pulmonar y de la glotis, y la muerte como consecuencia de una exposición prolongada.

Fuente: D.S. 074–2001-PC

**Tabla 16.**  
**LMP SO<sub>2</sub>**

ESTÁNDAR NACIONAL DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE PARA GAS SO <sub>2</sub>			
	Periodo	Valor	Método de Análisis
<b>CONTAMINANTE</b>	anual	80 ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia (método automático)
<b>Dióxido de Azufre</b>	24 horas	365 ug/m <sup>3</sup> (Más de una vez al año)	

Fuente: D.S. 074–2001-PC

#### D. Niveles de alerta para gas SO<sub>2</sub>

Tabla 17.

**Alerta para SO<sub>2</sub>**

Tipo de Alerta	Valores (ug/m <sup>3</sup> )	Periodo
Cuidado	➤ 500	Por 3 hrs. promedio
Peligro	➤ 1500	Por 3 hrs. promedio
Emergencia	➤ 2500	Por 3 hrs. promedio

Fuente: D. S. N° 074-2001-PCM

Anual: 80 (media aritmética anual)

24 h: 365 (NE más de 1 vez al año)

#### E. Frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo

El término frecuencia de monitoreo indica el número de muestras que se tomarán o 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 el caso del gas SO<sub>2</sub> se recomienda, dependiendo del objetivo del trabajo, realizarlo a lo largo de un año en periodos mensuales, trimestrales o semestrales.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO FILOSÓFICO**

Según González (2014, pp. 43), el término castellano “investigar” se deriva del latín “in-vestigium” que quiere decir “buscar la huella” o sea, lo que queda cuando algo ha sucedido y se intenta reconstruir a partir de dichos vestigios. La acción de investigar presupone buscar las huellas, lo cual no significa que se realice en el mismo orden cronológico en que sucedieron los hechos que son materia de análisis por lo que se requiere dar una vuelta y otra vuelta porque no es una vía directa para llegar al objetivo deseado. En una investigación nada es rápido, directo e inmediato, todo lo contrario. Es un camino tortuoso, difícil, complicado que exige mucho sacrificio y demasiado esfuerzo.

Al iniciar una investigación, en general, se debe de reconstruir el escenario donde ocurrieron los hechos. En el presente trabajo, se parte sobre una noticia periodística que indicaba el alto nivel de MP10 en el aire de Arica y, a partir de ese dato iniciamos el recorrido inverso, es decir, indagar si el recinto del MASP estaba en riesgo, además de analizar el aire con instrumentos especiales.

Disfrutar de una buena calidad de aire debe ser el objetivo de máxima prioridad de los gobiernos. Basta considerar los ingentes gastos de salud que deben de disponer los países para atender las enfermedades provenientes de aire contaminado para entender la importancia de nuestra investigación. Es conveniente reflexionar sobre la importancia que una sociedad debe de asignar a un aire libre de tóxicos. A continuación, algunas de ellas:

#### **4.1. El aire es la fuente de la vida**

El hombre necesita del aire para vivir y esa podría ser la principal razón para que el aire esté en condiciones óptimas de aprovechamiento. Para esto, sin embargo, se necesita conocer los indicadores de calidad de los elementos que lo constituyen. La baja calidad del aire genera en todo el mundo gran preocupación y la comunidad científica no ha escatimado esfuerzo en dar una clarinada de alerta sobre los peligros que corre no solamente el hombre, sino los vegetales, los animales y, lo más grave, el clima.

La estrecha e íntima relación entre los gases de efecto invernadero-GEI, como el dióxido de carbono, los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno, etc. que provienen por la utilización de combustibles fósiles, ocasiona el aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra, que ya lo estamos padeciendo, y cuando más industrializado es un país, mayores son los gases contaminantes que se concentran en el aire y por ende se presenta una baja en la calidad del aire con las consecuencias funestas para la humanidad.

#### **4.2. Aumenta el calentamiento global**

El calentamiento global es justamente la presencia anormal de gases de efecto invernadero – GEI, en la atmósfera, lo cual genera aumento de la temperatura, cambio drástico del clima, deshielo de los polos, inundaciones, tormentas, etc. Todo lo cual demuestra que alterar la composición de los gases que constituyen el aire es lo mismo que atentar contra la vida de todos los seres que existen en la superficie de la tierra.

### **4.3. Preparar medidas de prevención**

- 4.3.1. Motores de combustión a gas.** Reemplazar el petróleo y la gasolina por gas natural o licuado en los vehículos motorizados disminuye drásticamente la contaminación del aire y favorece el desarrollo de la vida en la tierra.
- 4.3.2. Autos eléctricos.** El reemplazo de los autos con motores de combustión por autos eléctricos va a significar un planeta más limpio y más silencioso con lo cual se elimina la contaminación sonora generada por los autos en funcionamiento.
- 4.3.3. Aumentar la arborización.** Los planes de modernidad de las ciudades, en ningún caso, debe comprometer la presencia de parques y jardines por doquier, porque las plantas filtran el aire aumentando la concentración de oxígeno.
- 4.3.4. Detener la deforestación.** Las leyes deben ser más severas para aquellos que, por equivocados criterios de rentabilidad empresarial, no dudan en destruir los bosques causando con ello un grave desequilibrio ecológico, que al final repercute en la mala calidad del aire.
- 4.3.5. Proteger los mares para cuidar el plancton.** Muchas veces se olvida que los mayores filtros naturales del planeta son los mares, porque la presencia de las plantas microscópicas llamadas Plancton, intercambian CO<sub>2</sub> por oxígeno.
- 4.3.6. Educación para mejorar el ambiente.** Los contenidos de la currícula escolar deben orientarse no solamente a proteger el ambiente sino a mejorarlo. Es deber de la sociedad formar una nueva generación capaz de modificar sus patrones de inteligencia

que no solo deben de dirigirse al conocimiento profundo de las matemáticas, física o química sino que también considerar intelectualmente inteligente a los ciudadanos que conocen las políticas de mejora ambiental cuidando al menos el aire que lo rodea.

**4.3.7. Recompensas por cuidar la calidad del aire.** Una contribución que puede generar un mayor cuidado del ambiente y por ende de la calidad del aire es otorgar recompensas a los que cumplan los planes ambientales de una ciudad. Por ejemplo, la inauguración de un gran parque ecológico por iniciativa de la comunidad les permitiría reducir sus tributos municipales.

**4.3.8. Reducción de enfermedades.-** Está demostrado científicamente que la mala calidad del aire repercute en la salud de la población. Diversos estudios han demostrado que existe una marcada relación entre el incremento en la concentración de los gases contaminantes y material particulado con el aumento de enfermedades cardiovasculares, males respiratorios, alergias, asma, bronquitis y cardiopatías, entre otras.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS DEL PROCESO

#### 5.1. Cuantificación y resultados de indicadores de MP10

**Cuantificación.** Consiste en determinar la cantidad de partículas en un determinado volumen de aire. Se expresa en unidades de peso contenidos por unidad de volumen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Para el caso de los contaminantes PM10 los valores referenciales de acuerdo al D.S. 074-2001-PCM "Reglamento de Calidad Ambiental para Aire" están influenciados por:

- La temperatura ambiental
- Presión atmosférica
- Diferencial de presión del equipo
- Ubicación geográfica

Para la presente investigación se establece que, las lecturas promedios de los indicadores de temperatura y presión registradas en la estación de monitoreo, se deben de llevar a condiciones estándar.

En este caso se tiene una temperatura  $28^{\circ}\text{C}$  y la Presión Ambiental de 752 mmHg.

Al inicio de la operación se espera entre 8 a 10 minutos y se lee en el Manómetro del HI – VOL el diferencial de presión del filtro, el cual da un valor de 16,85 inH<sub>2</sub>O y lo convertimos a mmHg.

(Factor de Equivalencia: 1 mmHg. = 0,5353 inH2O)

$$P_o = 16,85 \text{ inH}_2\text{O} (1 \text{ mmHg}/0,5353 \text{ inH}_2\text{O}) = 31.5 \text{ mmHg}$$

Luego obtenemos un diferencial de presiones:

$$P_o/P_a = 31,5 \text{ mmHg}/752\text{mmHg}$$

$$P_o/P_a = 0,042$$

Lo cual permite hallar la Tasa de Presión:

$$P_f / P_a = 1 - 0,042 = 0,958$$

$P_f / P_a = 0,958$  para buscar en la Tabla de Flujo de HI – VOL

TEMPERATURE °C Flow rate m3/min (actual)

16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	Po/Pi
1.109	1.113	1.116	1.119	1.123	1.126	1.129	1.133	1.136	1.139	1.143	1.146	1.149	0.931
1.110	1.114	1.117	1.121	1.124	1.127	1.131	1.134	1.137	1.141	1.144	1.147	1.151	0.931
1.112	1.115	1.118	1.122	1.125	1.129	1.132	1.135	1.139	1.142	1.145	1.149	1.152	0.931
1.113	1.116	1.120	1.123	1.126	1.130	1.133	1.137	1.140	1.143	1.147	1.150	1.153	0.931
1.114	1.118	1.121	1.124	1.128	1.131	1.135	1.138	1.141	1.145	1.148	1.151	1.154	0.931
1.115	1.119	1.122	1.126	1.129	1.132	1.136	1.139	1.143	1.146	1.149	1.152	1.156	0.931
1.117	1.120	1.124	1.127	1.130	1.134	1.137	1.140	1.144	1.147	1.150	1.154	1.157	0.931
1.118	1.121	1.125	1.128	1.132	1.135	1.138	1.142	1.145	1.148	1.152	1.155	1.158	0.931
1.119	1.123	1.126	1.129	1.133	1.136	1.140	1.143	1.146	1.150	1.153	1.156	1.160	0.931
1.120	1.124	1.127	1.131	1.134	1.138	1.141	1.144	1.148	1.151	1.154	1.158	1.161	0.931
1.122	1.125	1.129	1.132	1.135	1.139	1.142	1.146	1.149	1.152	1.156	1.159	1.162	0.941
1.123	1.126	1.130	1.133	1.137	1.140	1.143	1.147	1.150	1.154	1.157	1.160	1.164	0.941
1.124	1.128	1.131	1.135	1.138	1.141	1.145	1.148	1.152	1.155	1.158	1.162	1.165	0.941
1.125	1.129	1.132	1.136	1.139	1.143	1.146	1.149	1.153	1.156	1.160	1.163	1.166	0.941
1.127	1.130	1.134	1.137	1.140	1.144	1.147	1.151	1.154	1.157	1.161	1.164	1.168	0.941
1.128	1.131	1.135	1.138	1.142	1.145	1.149	1.152	1.155	1.159	1.162	1.165	1.169	0.941
1.129	1.133	1.136	1.140	1.143	1.146	1.150	1.153	1.157	1.160	1.163	1.167	1.170	0.941
1.130	1.134	1.137	1.141	1.144	1.148	1.151	1.155	1.158	1.161	1.165	1.168	1.171	0.941
1.132	1.135	1.139	1.142	1.146	1.149	1.152	1.156	1.159	1.163	1.166	1.169	1.173	0.941
1.133	1.136	1.140	1.143	1.147	1.150	1.154	1.157	1.161	1.164	1.167	1.171	1.174	0.941
1.134	1.138	1.141	1.145	1.148	1.152	1.155	1.158	1.162	1.165	1.169	1.172	1.175	0.951
1.136	1.139	1.142	1.146	1.149	1.153	1.156	1.160	1.163	1.167	1.170	1.173	1.177	0.951
1.137	1.140	1.144	1.147	1.151	1.154	1.158	1.161	1.164	1.168	1.171	1.175	1.178	0.951
1.138	1.142	1.145	1.148	1.152	1.155	1.159	1.162	1.166	1.169	1.172	1.176	1.179	0.951
1.139	1.143	1.146	1.150	1.153	1.157	1.160	1.164	1.167	1.170	1.174	1.177	1.181	0.951
1.141	1.144	1.148	1.151	1.155	1.158	1.161	1.165	1.168	1.172	1.175	1.178	1.182	0.951
1.142	1.145	1.149	1.152	1.156	1.159	1.163	1.166	1.170	1.173	1.176	1.180	1.183	0.951
1.143	1.147	1.150	1.154	1.157	1.161	1.164	1.167	1.171	1.174	1.178	1.181	1.184	0.951
1.144	1.148	1.151	1.155	1.158	1.162	1.165	1.169	1.172	1.176	1.179	1.182	1.185	0.951
1.146	1.149	1.153	1.156	1.160	1.163	1.166	1.170	1.173	1.177	1.180	1.184	1.187	0.958

Como se puede apreciar en el titular de la Tabla Look Up el valor de 1,165 está expresado en m<sup>3</sup>/minuto por lo tanto se debe de transformar a condiciones estándar:

Flujo en tabla expresado en condiciones estándar (Flujo Normalizado):

$$= 1,165 \text{ m}^3/\text{min.} (752 \text{ mmHg}/760 \text{ mmHg}) (298 \text{ }^\circ\text{K} / (273 + 28) \text{ K})$$

Base: 1 minuto

$$V = 1,165 \text{ m}^3$$

$$V_0 = ?$$

$$P = 752 \text{ mmHg}$$

$$P_0 = 760 \text{ mmHg}$$

$$T = 273 + 28 = 301 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_0 = 298 \text{ }^\circ\text{K}$$

Según:  $P_0 V_0 / T_0 = P V / T$

$$V_0 = (P / P_0) (T_0 / T) (V)$$

$$V_0 = (752 / 760) (298 / 301) (1,165 \text{ m}^3)$$

$$V_0 = 1,141 \text{ m}^3$$

Flujo Normalizado = 1,141 m<sup>3</sup>/min.

Flujo Total del Día = 1,141 m<sup>3</sup>/min. x 24 h/1 día x 60 min./1 h.

Flujo Total del Día = 1 643,04 m<sup>3</sup>/día.

En conclusión, la **concentración de partículas** (Cp) en los filtros PM10 se puede expresar como la relación del Diferencial de masas, antes y después del muestreo (Dm), entre el Flujo Total de aire (FT):

$$C_p \text{ MP10} = D_m \text{ } \mu\text{g} / \text{FT m}^3$$

Los resultados del muestreo del MP10 se muestran en cuadro de resultados de laboratorio.

## **5.2. Cuantificación y resultados de ruidos**

Se muestran en cuadros de resultados de laboratorio.

## **5.3. Cuantificación y resultados de gases CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>**

Se muestran, a continuación, los resultados de laboratorio.

## **RESULTADOS DE CÁLCULOS DE LABORATORIO**

**Tabla 18.**

**Resultados de MP10 en frente de atraque**

<p align="center"><b>MONITOREO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE DEL MUELLE DEL PERÚ EN ARICA</b></p> <p align="center"><b>RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM – 01 UBICADO EN FRENTE DE ATRAQUE</b></p> <p align="center"><b>MUESTREADOR DE MATERIAL PARTICULADO MP10 : HI – VOL THERMOS SCIENTIFIC</b></p> <p align="center"><b>MONITOREO EN 30 DÍAS Y EXPRESADO EN PROMEDIO DE 24 HORAS</b></p>						
MES	DÍA INICIAL	DÍA FINAL	HORA PERIODO		REGISTRO DE MATERIAL PARTICULADO MP10 UNIDADES : ug / m <sup>3</sup>	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE PM10 UNIDADES ug / m <sup>3</sup> ( D.S. 074-2001 PCM)
			INICIO	FIN		
MAR	12	13	09:00	09:00	41,26	150
JUN	14	15	10:00	10:00	48,97	150
SEPT	11	12	08:00	08:00	50,80	150
DIC	13	14	09:00	09:00	38,33	150

**Tabla 19.**

**Resultados de gases frente de atraque**

<p align="center"><b>MONITOREO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE DEL MUELLE DEL PERÚ EN ARICA</b></p> <p align="center"><b>RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE</b></p> <p align="center"><b>MONITOREO EN 30 DÍAS EXPRESADO EN PROMEDIO DE 24 HORAS</b></p>								
<p align="center"><b>REGISTRO DE GASES EVALUADOS</b></p> <p align="center"><b>INSTRUMENTO: SENSOR DE ESTADO SÓLIDO</b></p> <p align="center"><b>SEGÚN NORMAS LEGALES:</b></p> <p align="center"><b>1.- Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos (R.D. N° 1404-2005-DIGESA/SA)</b></p> <p align="center"><b>2.- Decreto Supremo N° 074-2001-PCM “Reglamento de Calidad Ambiental para Aire”</b></p> <p align="center"><b>(unidades: ug/m<sup>3</sup>)</b></p>								
FECHA	CO	Límite Permisible (Método: Infrarojo No Dispersivo-Automático)	CO2	Límite Permisible (Método: Infrarojo No Dispersivo-Automático)	SO2	Límite Permisible (Método: Fluorescencia-Método Automático)	NO2	Límite Permisible (Método: Quimiluminiscencia- Automático)
13/04/15	5 698	10 000	465	700	59	80	73	100
15/06/15	6 754	10 000	545	700	66	80	69	100
14/09/15	6 588	10 000	609	700	70	80	78	100
11/12/15	7 004	10 000	654	700	64	80	84	100

**Tabla 20.****Resultado de ruidos en frente de atraque**

<b>MONITOREO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE DEL MUELLE DEL PERÚ EN ARICA</b>					
<b>RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM - 01 UBICADO EN FRENTE DE ATRAQUE</b>					
<b>REGISTRO DE RUIDOS</b>					
<b>OBTENIDOS CON SENSOR SONÓMETRO QUEST</b>					
<b>MOD. SOUNDPRO</b>					
<b>UNIDADES EXPRESADAS: dB (decibeles)</b>					
<b>EVALUACIÓN REALIZADA EN MOMENTO DE CARGA Y DESCARGA DE CONTENEDORES</b>					
<b>MONITOREO EN 30 DÍAS EXPRESADO EN PROMEDIO DE 24 HORAS</b>					
<b>FECHA</b>	<b>RESULTADOS</b>		<b>LÍMITE PERMISIBLE</b>		<b>NORMA LEGAL</b>
	<b>HORARIO DIURNO</b>	<b>HORARIO NOCTURNO</b>	<b>HORARIO DIURNO</b>	<b>HORARIO NOCTURNO</b>	
13/03/15	70,9	73,7	80 dB	70 dB	D.S. 085 – 2003 PCM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Ruidos en Zona Industrial.
15/06/15	66,8	77,0	80 dB	70 dB	
12/09/15	75,6	73,5	80 dB	70 dB	
14/12/15	77,4	73,8	80 dB	70 dB	

**Tabla 21.**

**Resultados de MP10 en patio de contenedores**

<b>MONITOREO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE DEL MUELLE DEL PERÚ EN ARICA</b>  <b>RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM – 02 UBICADO EN PATIO DE CONTENEDORES</b> <b>MEDIDOR: MUESTREADOR DE ALTO VOLUMEN (HI - VOL) HVPM10 THERMOS SCIENTIFIC</b>						
<b>MONITOREO DE 30 DÍAS EXPRESADO EN PROMEDIO DE 24 HORAS</b>						
MES	DÍA INICIAL	DÍA FINAL	HORA		REGISTRO DE MATERIAL PARTICULADO 10 MP10 UNIDADES: ug/m3	LÍMITE PERMISIBLE PM10 UNIDADES ug/m3 (D.S. 074-2001-PCM)
			INICIO	FIN		
ABR	12	13	09:00	09:00	49,26	150
JUN	14	15	10:00	10:00	58,97	150
SEPT	11	12	08:00	08:00	62,80	150
DIC	13	14	09:00	09:00	48,33	150

**Tabla 22.**

**Resultados de gases en el patio de contenedores**

<p align="center"><b>MONITOREO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE DEL MUELLE DEL PERÚ EN ARICA</b></p> <p align="center"><b>RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM – 02 UBICADO EN PATIO DE CONTENEDORES</b></p> <p align="center"><b>MONITOREO EN 30 DÍAS EXPRESADO EN PROMEDIO DE 24 HORAS</b></p>								
<p align="center"><b>REGISTRO DE GASES EVALUADOS</b></p> <p align="center"><b>SEGÚN NORMAS LEGALES:</b></p> <p align="center"><b>1.- Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos (R.D. N° 1404-2005-DIGESA/SA)</b></p> <p align="center"><b>2.- Decreto Supremo N° 074–2001 PCM “Reglamento de Calidad Ambiental para Aire”</b></p> <p align="center"><b>(Unidades expresadas: ug/m3)</b></p>								
<b>FECHA</b>	<b>CO</b>	<b>Límite CO Permisible</b> (Método: Fluorescencia- Método Automático)	<b>CO2</b>	<b>Límite CO2 Permisible</b> (Método: Fluorescencia- Método Automático)	<b>SO2</b>	<b>Límite SO2 Permisible</b> (Método: Fluorescencia- Método Automático )	<b>NO2</b>	<b>Límite NO2 Permisible</b> (Método: Fluorescencia- Método Automático )
13/03/15	5 256	10 000	436	700	45	80	78	100
15/06/15	6 674	10 000	478	700	64	80	86	100
12/09/15	5 998	10 000	578	700	66	80	80	100
13/12/15	5 564	10 000	564	700	71	80	88	100

**Tabla 23.**

***Resultado de ruidos en patio de contenedores***

<p align="center"><b>MONITOREO AMBIENTAL: CALIDAD DEL AIRE DEL MUELLE DEL PERÚ EN ARICA</b></p> <p align="center"><b>RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM – 02 UBICADO EN PATIO DE CONTENEDORES</b></p> <p align="center"><b>MONITOREO EN 30 DÍAS EXPRESADO EN PROMEDIO DE 24 HORAS</b></p>					
<p align="center"><b>REGISTRO DE RUIDOS</b></p> <p align="center"><b>OBTENIDOS CON SENSOR SONÓMETRO QUEST</b></p> <p align="center"><b>MOD. SOUNDPRO</b></p> <p align="center"><b>UNIDADES EXPRESADAS EN dB (decibeles)</b></p> <p align="center"><b>EVALUACIÓN REALIZADA EN MOMENTO DE CARGA Y DESCARGA DE CONTENEDORES.</b></p>					
FECHA	RESULTADOS		LÍMITE PERMISIBLE		NORMA LEGAL
	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO	
13/03/15	72,0	74,7	80 dB	70 dB	<p align="center">D.S. 085 – 2003 PCM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Ruidos en Zona Industrial.</p>
15/06/15	73,8	76,7	80 dB	70 dB	
12/09/15	76,0	78,0	80dB	70 dB	
14/12/15	73,4	76,3	80 dB	70 dB	

## CAPÍTULO VI

### DISCUSIÓN

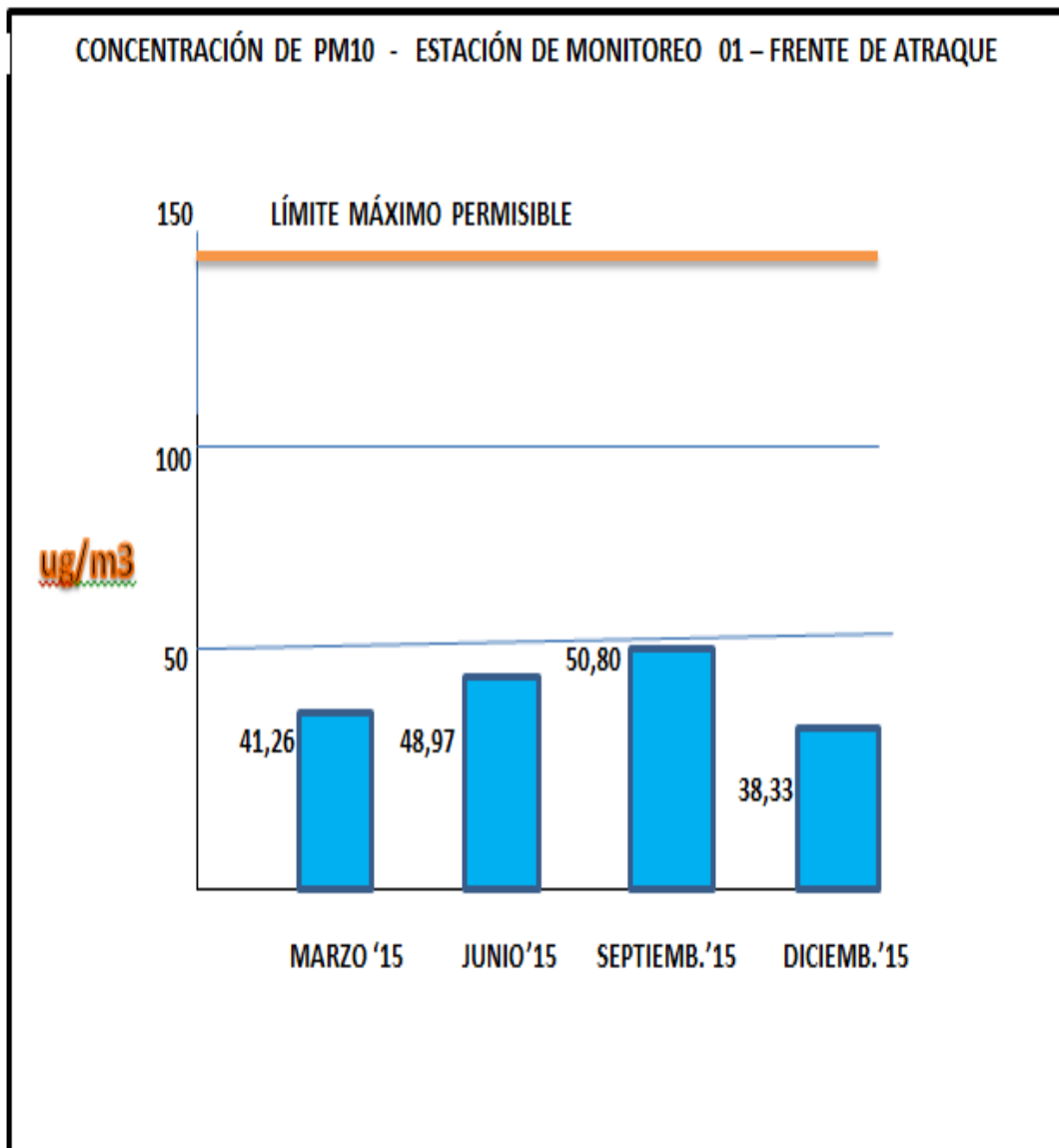
#### 6.1. Material particulado MP10

Tabla 24.

*Concentración de MP10 en frente de atraque y patio de contenedores*

	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10			
	UNIDADES: ug/m3			
ESTACIÓN DE MONITOREO	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	41,26	48,97	50,80	38,33
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	49.26	58,97	62,80	48,33

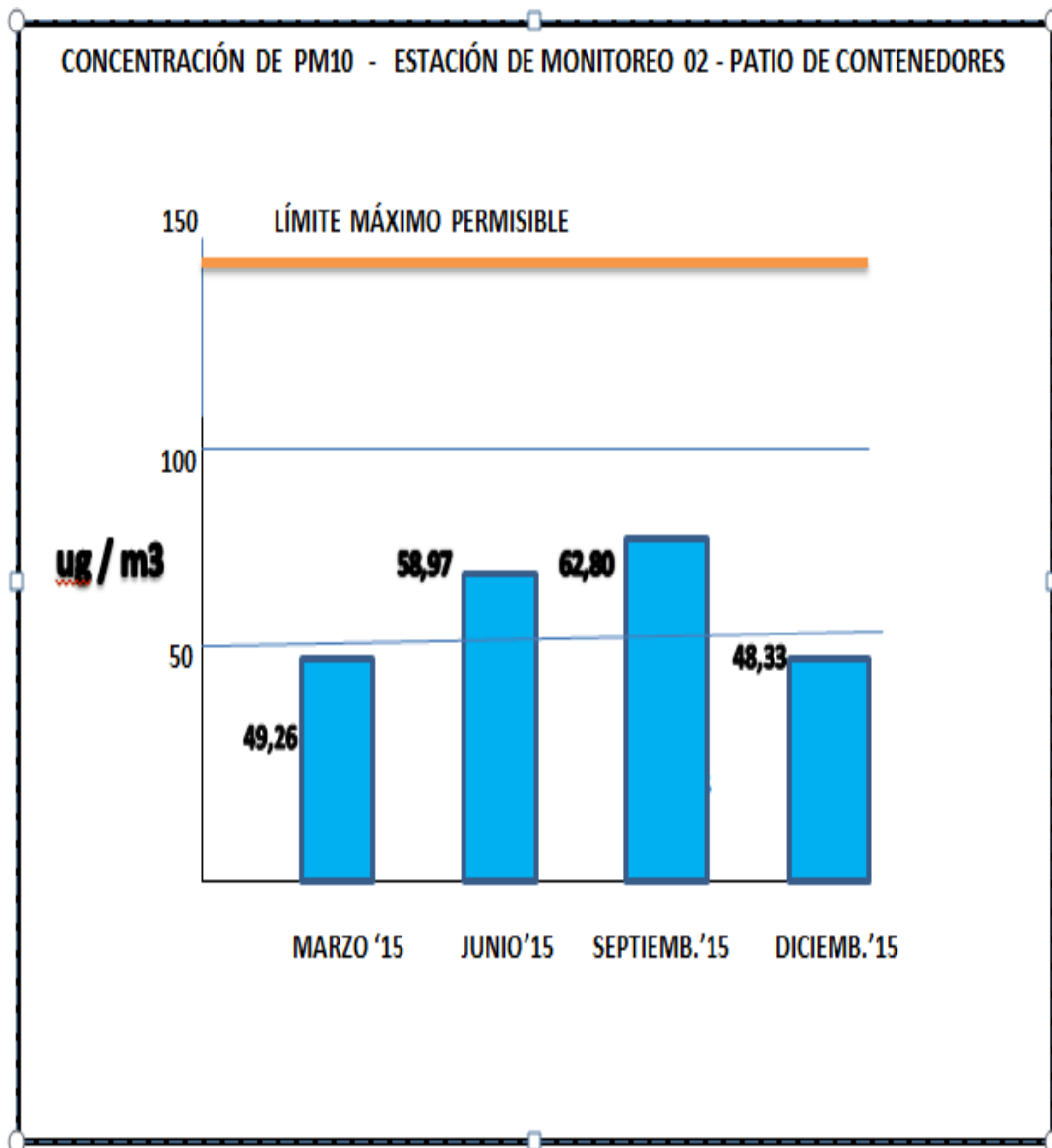
Fuente: Elaboración propia



**Figura 15. Concentración de MP10 en frente de atraque.**

**Interpretación:**

Según la Figura 14, los valores se encuentran muy por debajo de los LMP sin embargo, se observa que crece a lo largo del año y decrece a fin de año.



**Figura 16. Concentración de MP10 en patio de contenedores.**

**Interpretación:**

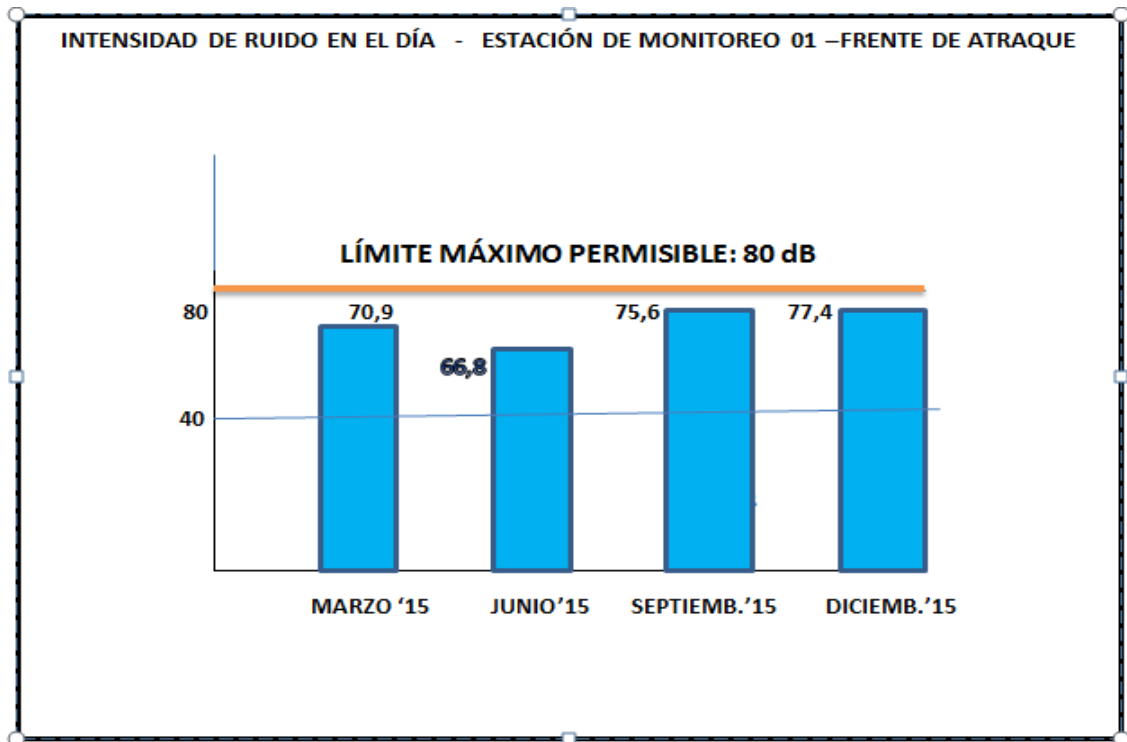
Según la Figura 14, los valores son en términos generales, mayores que en el frente de atraque debido a su cercanía con el patio de minerales del puerto chileno.

## 6.2. Intensidad de ruido – horario diurno

**Tabla 25.**

***Intensidad de ruido en el frente de atraque y patio de contenedores durante las horas del día.***

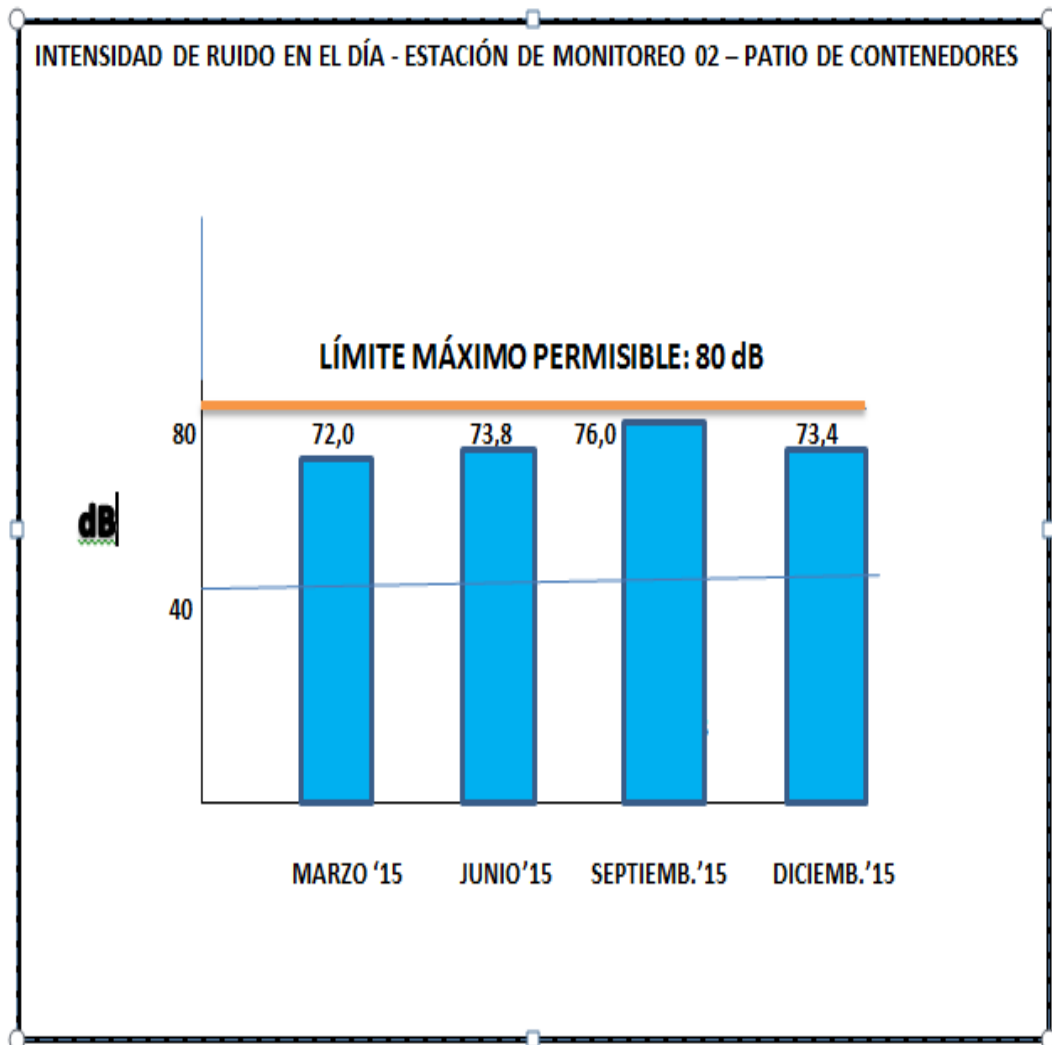
	<b>NIVELES DE RUIDO</b>			
	<b>UNIDADES: dB</b>			
	<b>LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES: 80 dB</b>			
<b>ESTACIÓN DE MONITOREO</b>	<b>MARZO 2015</b>	<b>JUNIO 2015</b>	<b>SEPTIEMBRE 2015</b>	<b>DICIEMBRE 2015</b>
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	70,9	66,8	75,6	77,4
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	72,0	73,8	75,6	77,4



**Figura 17.** Intensidad de ruido en el día – Estación de monitoreo 01

**Interpretación:**

Según la Figura 15, durante el día, la intensidad del sonido en frente de atraque, en promedio, está muy cercano al LMP y es un importante dato a tomar en cuenta para establecer medidas de mitigación.



**Figura 18.** Intensidad de ruido en el día – Estación de monitoreo 02

**Interpretación:**

Según la Figura 16, en horas del día la intensidad del sonido en patio de contenedores, en promedio, está muy cercano al LMP durante todo el año y es un importante dato a tomar en cuenta para establecer medidas de mitigación con máxima prioridad.

### 6.3. Intensidad de ruido – Horario nocturno

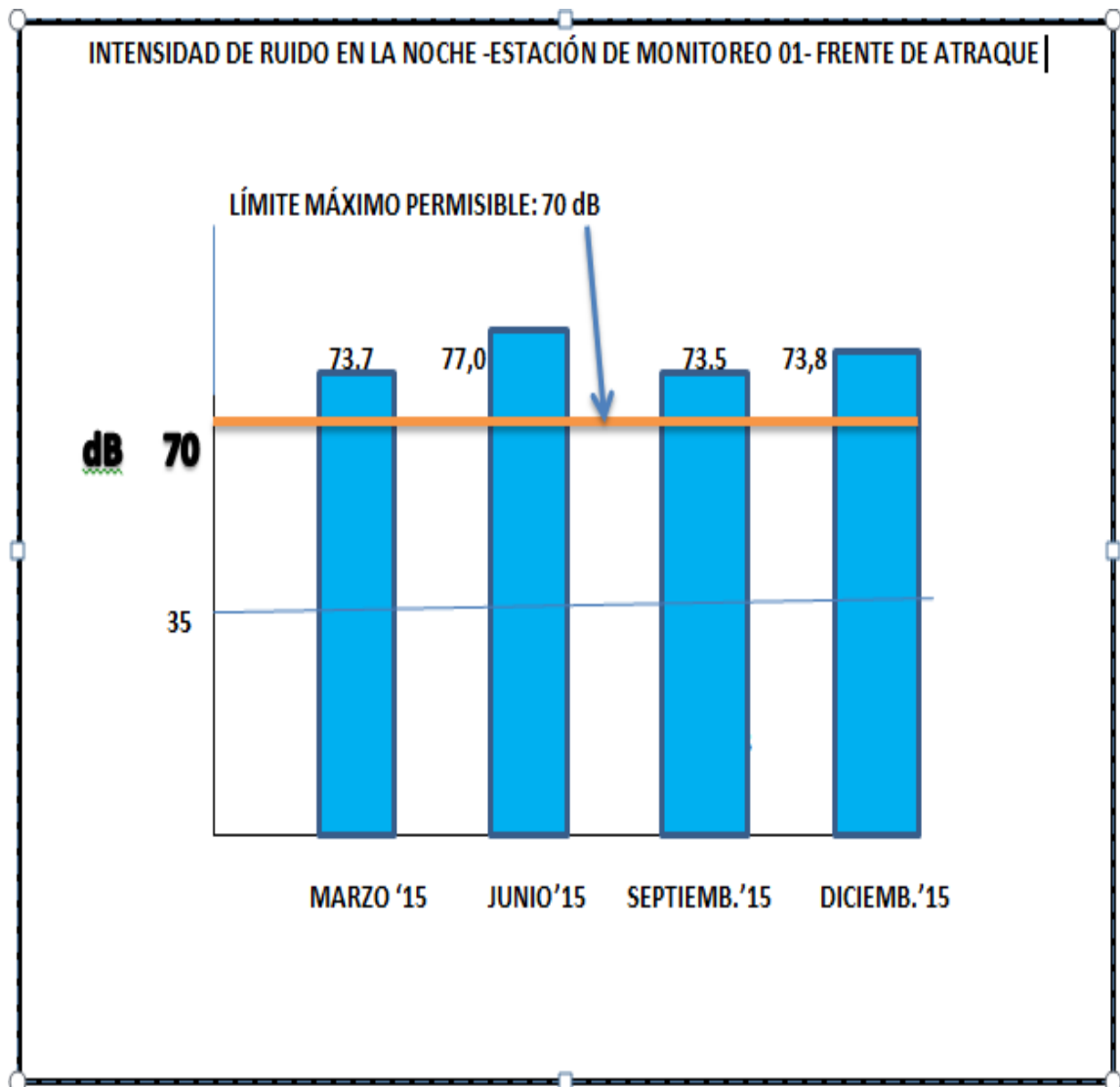
**Tabla 26.**

***Intensidad del ruido en la noche***

	NIVELES DE RUIDO			
	UNIDADES: dB			
ESTACIÓN DE MONITOREO	MuidARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	73,7	77,0	73,5	73,8
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	74,7	76,7	78,0	76,3

**Interpretación:**

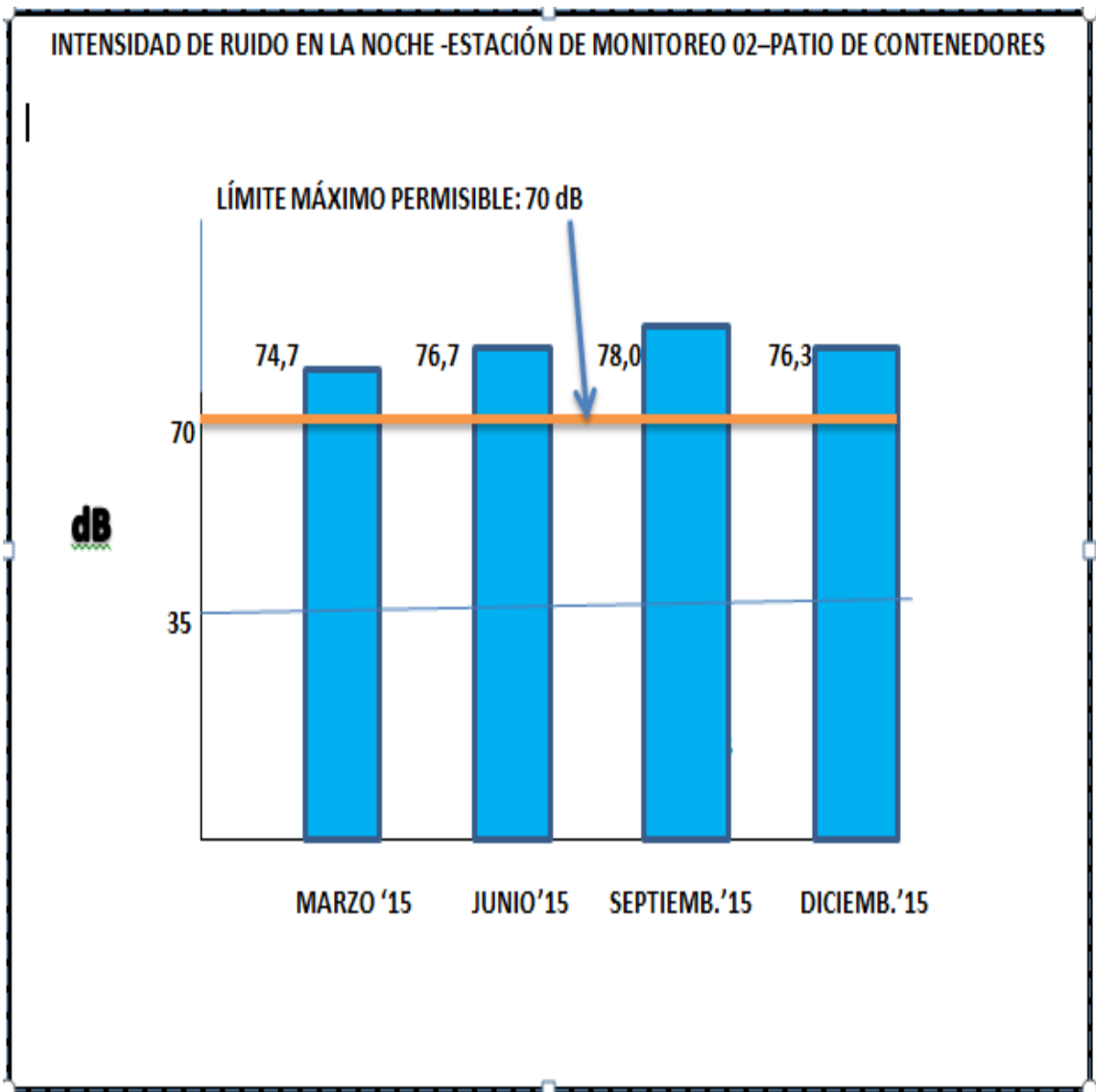
Intensidad de ruido en el frente de atraque y patio de contenedores durante las horas de la noche.



**Figura 19.** Intensidad de ruido en la noche – Estación de monitoreo 01 – Frente de ataque

**Interpretación:**

En horario nocturno, en el frente de ataque, la intensidad del sonido supera el LMP y es un importante dato a tomar en cuenta para establecer medidas de mitigación con máxima prioridad.



**Figura 20.** Intensidad de ruido en la noche – Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores

**Interpretación:**

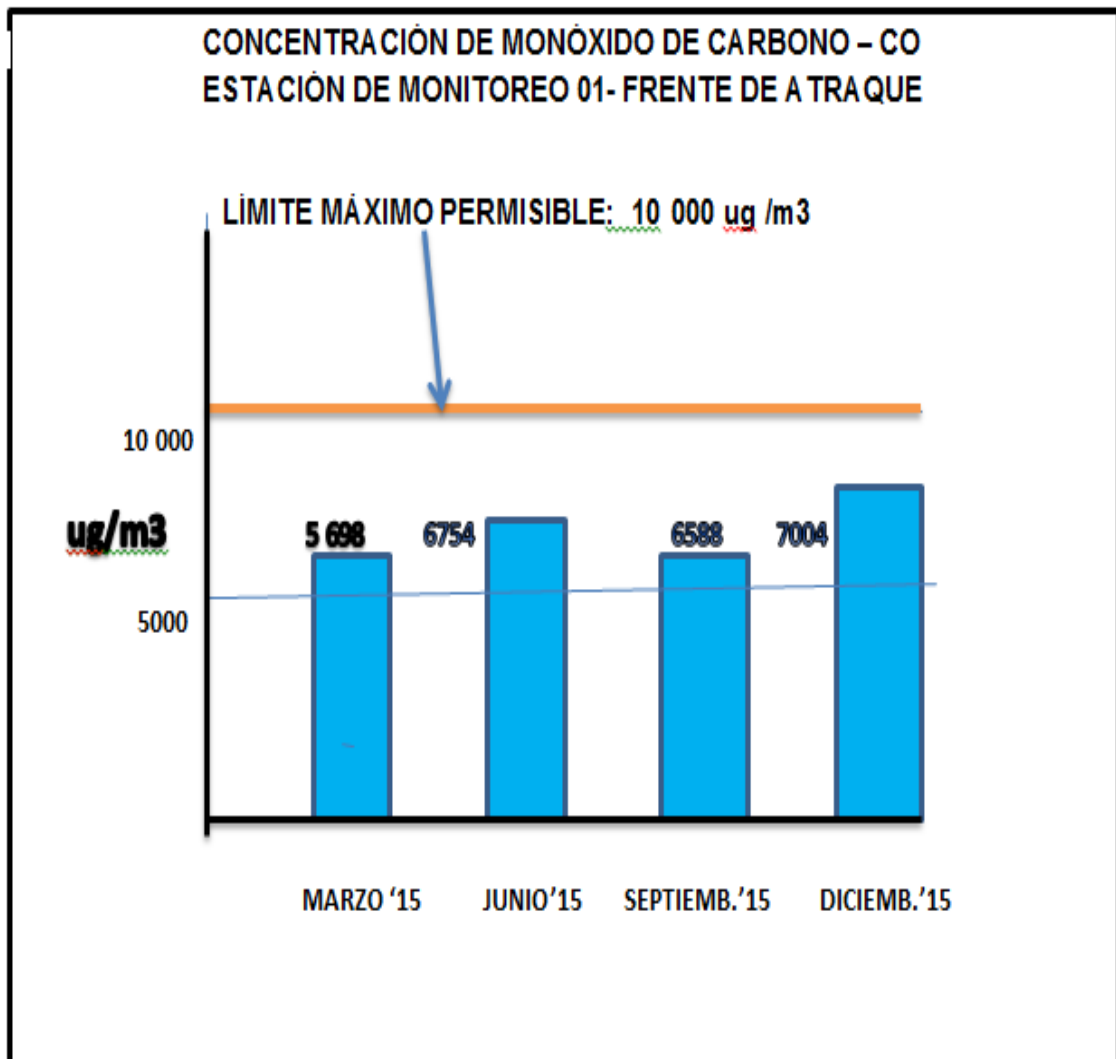
En horario nocturno, en el patio de contenedores, la intensidad del sonido supera el LMP y es un importante dato a tomar en cuenta para establecer medidas de mitigación con máxima prioridad.

#### 6.4. Gas contaminante monóxido de carbono - CO

Tabla 27.

*Concentración de CO en el frente de atraque y patio de contenedores.*

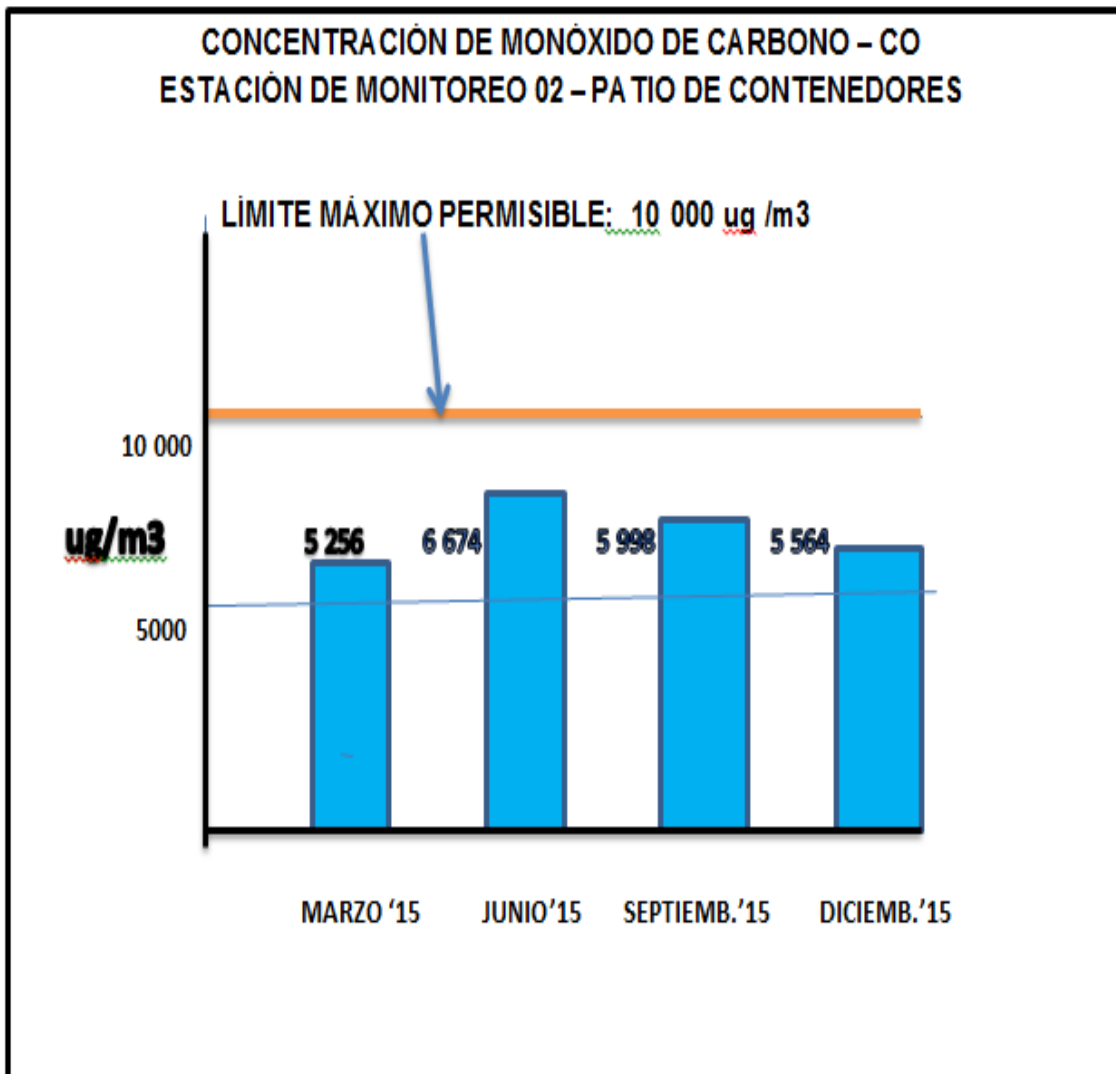
ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CO			
	UNIDADES: ug/m3			
	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	5698	6754	6588	7004
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	5265	6674	5998	5564



**Figura 21. Concentración de monóxido de carbono – CO Estación de monitoreo 01 – Frente de atraque**

**Interpretación:**

En el frente de atraque, la concentración de CO está muy por debajo del LMP y aunque a finales de año se incrementa, no es causa de preocupación.



**Figura 22.** Concentración de monóxido de carbono – CO Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores

**Interpretación:**

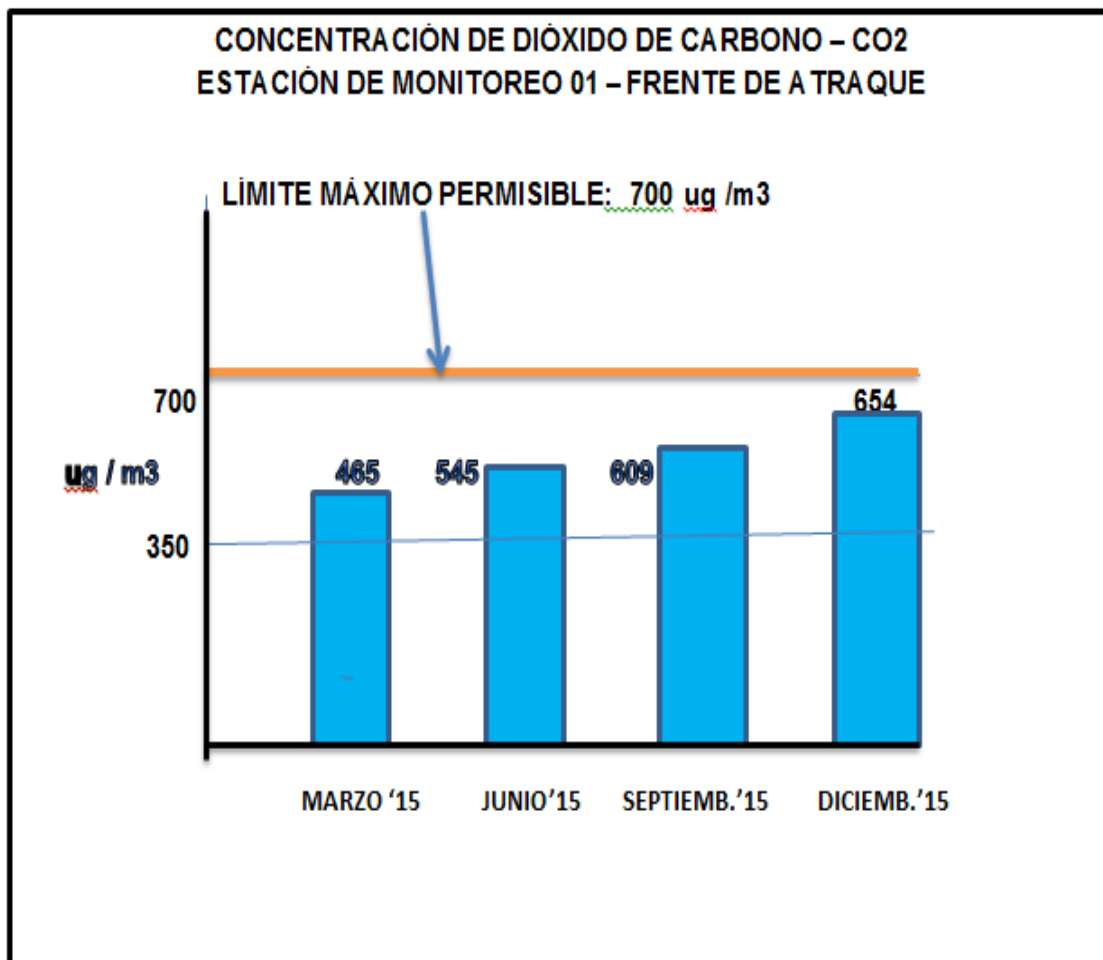
En el patio de contenedores, la concentración de CO no supera el LMP, por lo que no hay urgencia de plantear medidas de mitigación.

## 6.5. Gas contaminante dióxido de carbono CO<sub>2</sub>

**Tabla 28.**

***Concentración de CO<sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores.***

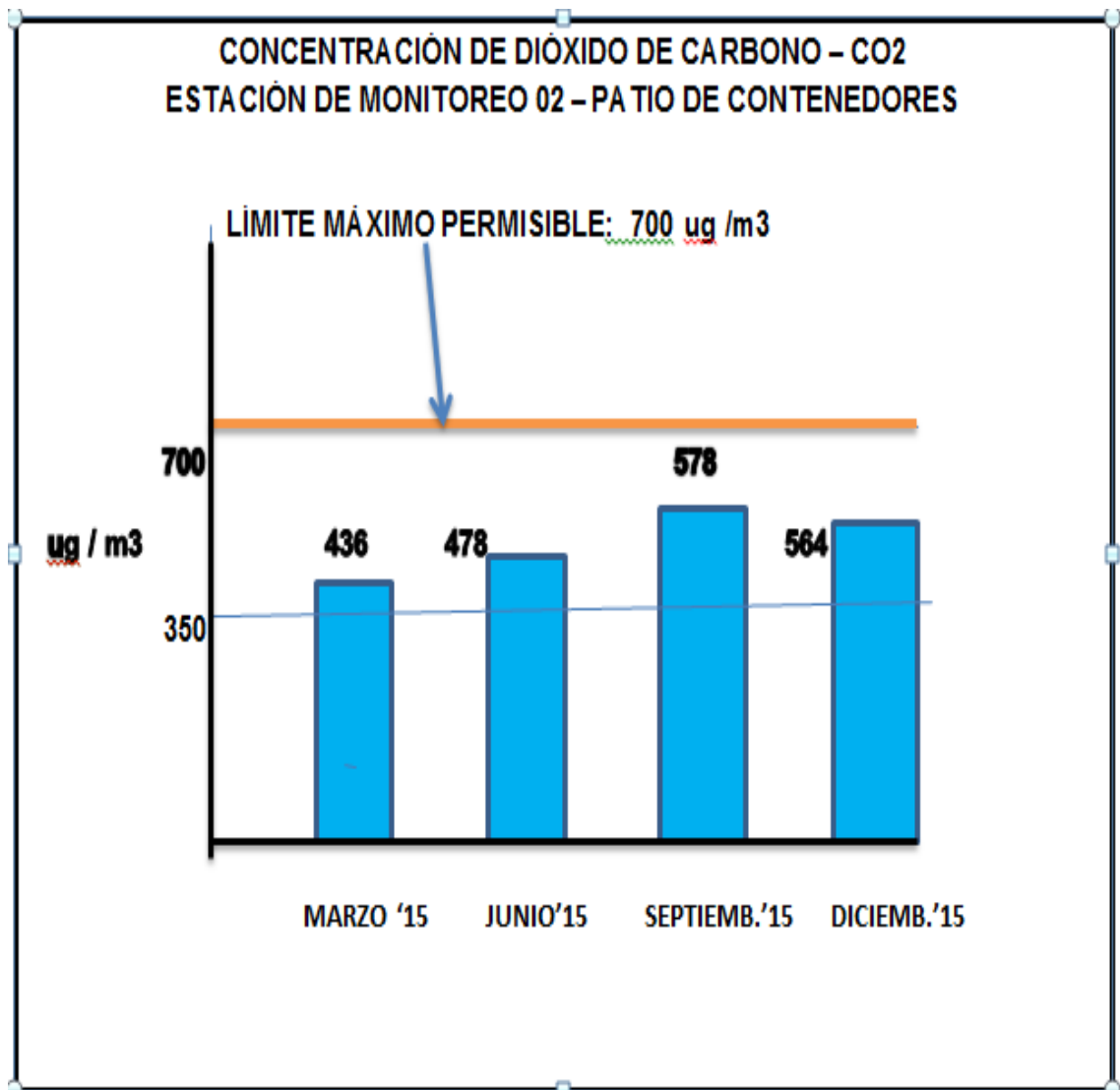
ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CO <sub>2</sub>			
	UNIDADES: ug/m <sup>3</sup>			
	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	465	545	609	654
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	436	478	578	564



**Figura 23.** Concentración de dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> Estación de monitoreo 01 – Frente de atraque

**Interpretación:**

En el frente de atraque, la concentración de CO<sub>2</sub> es muy baja y no supera el LMP, por lo que no hay urgencia de plantear medidas de mitigación.



**Figura 24.** Concentración de dióxido de carbono – CO<sub>2</sub> Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores

**Interpretación:**

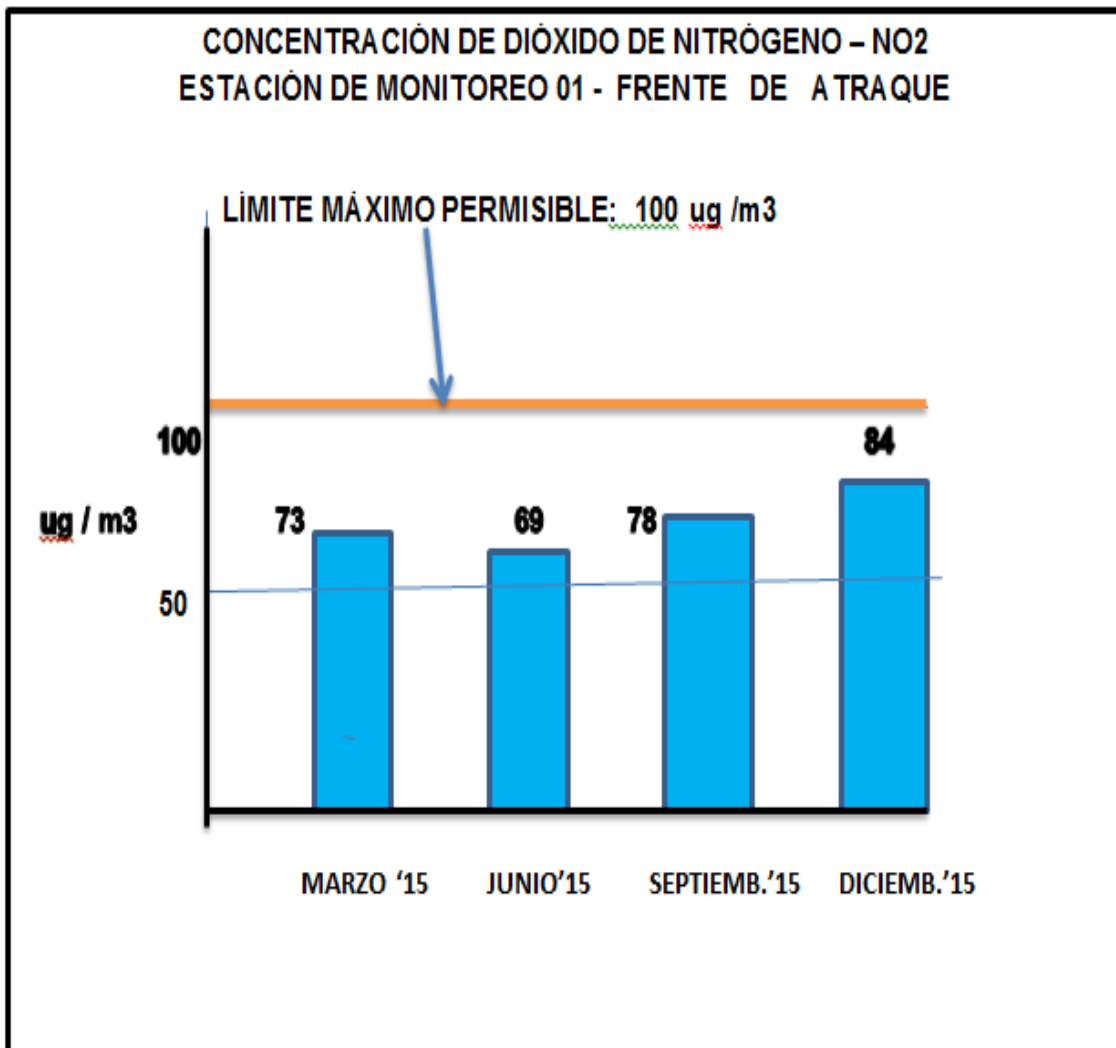
En el patio de contenedores, la concentración de CO<sub>2</sub> se encuentra baja y no supera el LMP, por lo que no hay urgencia de plantear medidas de mitigación.

## 6.6. Gas contaminante: Dióxido de nitrógeno - NO<sub>2</sub>

**Tabla 29.**

**Concentración de NO<sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores.**

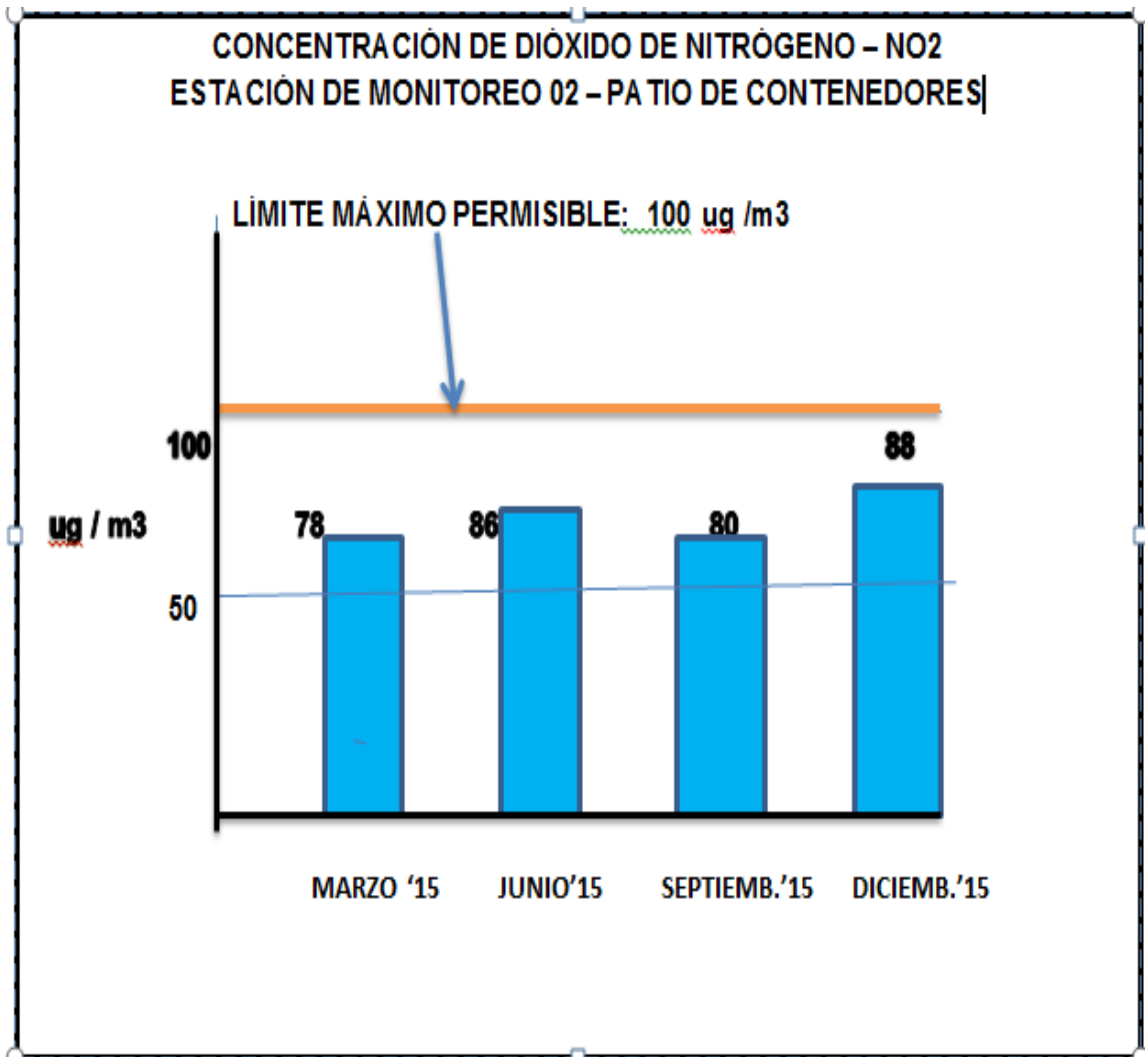
ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE NO <sub>2</sub>			
	UNIDADES: ug/m <sup>3</sup>			
	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	73	69	78	84
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	78	86	80	88



**Figura 25.** Concentración de dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> Estación de monitoreo 01 – Frente de ataque

**Interpretación:**

En el frente de ataque, la concentración de NO<sub>2</sub> aunque no supera el LMP, hay necesidad de plantear medidas de mitigación con carácter de urgente.



**Figura 26.** Concentración de dióxido de nitrógeno – NO<sub>2</sub> Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores

**Interpretación:**

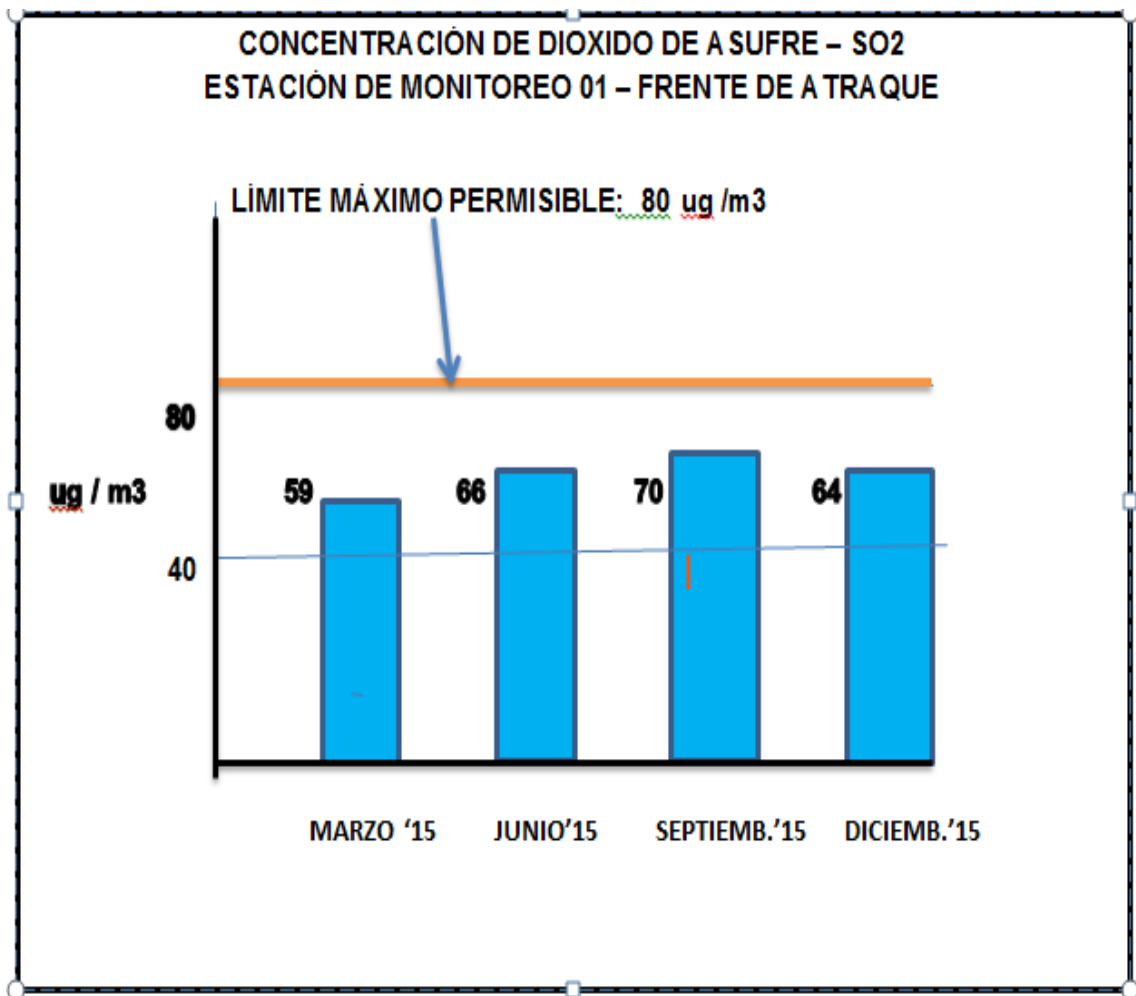
En el patio de contenedores, la concentración de NO<sub>2</sub> aunque no supera el LMP, hay necesidad de plantear medidas de mitigación con carácter de urgente.

**6.7. Gas contaminante: dióxido de azufre - SO<sub>2</sub>**

**Tabla 30.**

***Concentración de SO<sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores.***

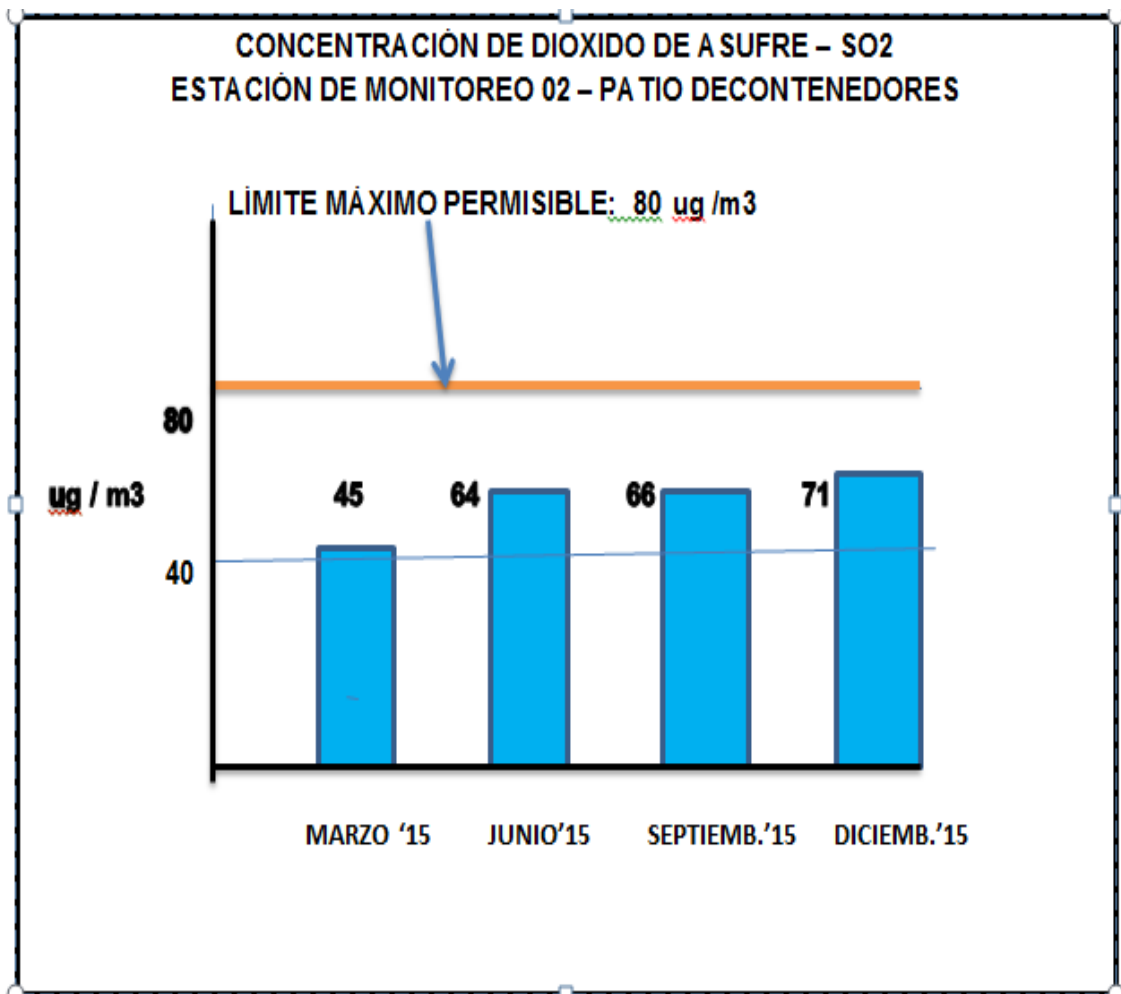
ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE ÓXIDO DE AZUFRE			
	UNIDADES: ug/m3			
	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	59	66	70	64
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	45	64	66	71



**Figura 27. Concentración de dióxido de azufre – SO<sub>2</sub> Estación de monitoreo 01 – Frente de atraque**

**Interpretación:**

En el frente de atraque, la concentración de SO<sub>2</sub> aunque no supera el LMP, hay necesidad de plantear medidas de mitigación con carácter de urgente.



**Figura 28.** Concentración de dióxido de azufre – SO<sub>2</sub> Estación de monitoreo 02 – Patio de contenedores

**Interpretación:**

En el patio de contenedores, la concentración de SO<sub>2</sub> aunque no supera el LMP, hay necesidad de plantear medidas de mitigación con carácter de urgente.

## Índice de Calidad del Aire (INCA)

El Ministerio del Ambiente evalúa la información sobre la calidad del aire a nivel nacional, remitida por todos los agentes generadores de dicha información, y para dar a conocer al público en general, la situación de la calidad del aire en el país requiere contar con un indicador que muestre dicha situación de manera sencilla y gráfica con números y colores.

**Tabla 31.**  
**Valores del índice de calidad del aire.**

Material particulado (PM10) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0-50	0-75	$I(\text{PM}_{10}) = [\text{PM}_{10}] * 100/150$
51-100	76-150	
101-167	151-250	
> 167	> 250	

Material particulado (PM2,5) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0-50	0 -12,5	$I(\text{PM}_{2,5}) = [\text{PM}_{2,5}] * 100/25$
51-100	12.6-25	
101-500	25,1-125	
> 500	>1 25	

Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) promedio 24 horas		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0-50	0-10	$I(\text{SO}_2) = [\text{SO}_2] * 100/20$
51-100	11-20	
101-625	21-500	
> 625	> 500	

Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) promedio 1 hora		
Intervalo del INCA	Intervalo de concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Ecuación
0-50	0-100	$I(\text{NO}_2) = [\text{NO}_2] * 100/200$
51-100	101-200	
101-150	201-300	
> 150	> 300	

Fuente: (MINAN, 2013)

**Tabla 32.**

***Cuidados y recomendaciones según categoría de calidad del aire.***

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CUIDADOS</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>
<b>BUENA</b>	La calidad del aire es satisfactoria y no representa un riesgo para la salud.	Puede realizar actividades al aire libre
<b>MODERADA</b>	La población sensible (niños, tercera edad, madres gestantes, personas con enfermedades respiratorias crónicas y cardiovasculares) podría experimentar algunos problemas de salud.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para la población sensible.
<b>MALA</b>	La población puede experimentar problemas de salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a las informaciones de calidad del aire. Evitar realizar ejercicios y actividades al aire libre.
<b>UMBRAL DE CUIDADO</b>	Toda la población puede verse afectada gravemente en la salud.	Implementar estado de alerta.

## CONCLUSIONES

PRIMERA: Las concentraciones de los gases contaminantes CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> se encuentran en niveles aceptables sin riesgo para la salud del personal del MASP, sin embargo, el nivel de la presencia del material particulado MP<sub>10</sub> en la estación de monitoreo del patio de contenedores es mayor a la de la zona de monitoreo del frente de atraque y tiende a acercarse al LMP y, por último, la intensidad del ruido nocturno ha sobrepasado los límites máximos permisibles que es de 70dB.

SEGUNDA: Se han identificado las fuentes de contaminación de los gases los cuales provienen, en su mayor parte, de los motores de los barcos, que permanecen prendidos en las labores de carga y descarga y otra parte de esos gases la generan los motores de los camiones de carga. Además el material particulado MP<sub>10</sub> se genera por las partículas que provienen del patio de almacenamiento del TPA contiguo al MASP.

TERCERA: Se ha elaborado un Plan ambiental para el control y mitigación de los gases, del material particulado MP<sub>10</sub> y del ruido que se presenta en Anexos. Los niveles de monóxido de carbono detectados no son preocupantes por estar muy distantes del LMP de 10 000 ug/m<sup>3</sup>, sin embargo, considerando que este gas se genera por la combustión incompleta de combustibles fósiles de los motores a explosión tanto de camiones como de los barcos, es factible considerar que los pocos camiones y barcos que trabajan en el MASP no sean los directos responsables de los 6000 ug/m<sup>3</sup> que, en promedio, han sido medidos en el muelle peruano.

- CUARTA: Respecto de la medición de Dióxido de Carbono-CO<sub>2</sub>, se pueden establecer los mismos criterios explicados en el caso del monóxido de Carbono, ya que no existen fuentes suficientes de producción (camiones y motores de barcos) que generen CO<sub>2</sub>, sin embargo en promedio se producen casi la mitad del LMP de 700 ug/m<sup>3</sup>.
- QUINTA: Respecto del gas contaminante Dióxido de Nitrógeno – NO<sub>2</sub>, se establece que en las dos estaciones de monitoreo, tanto en el frente de atraque como en el patio de contenedores, las concentraciones son bajas con relación al LMP de 100 ug/m<sup>3</sup> que señala el D.S. 074-200-PCM.
- SEXTA: En el caso del gas Dióxido de Azufre – SO<sub>2</sub>, se confirma que las concentraciones en las dos zonas de monitoreo son consideradas bajas en relación al valor del LMP que se establece en 80 ug/m<sup>3</sup> de acuerdo a la norma oficial que se indica en el D.S. 074-2001-PCM.
- SÉPTIMA: Se confirma la hipótesis sobre la necesidad de contar con una Propuesta de Plan Ambiental para el Control y Mitigación de gases contaminantes, de material particulado MP10 y del ruido en el MASP ya que si se cuenta con dicho documento se podrían monitorear las condiciones ambientales y establecer las medidas de protección de la salud de los integrantes de la comunidad portuaria del muelle.

## RECOMENDACIONES

- PRIMERA: Se deben priorizar las comunicaciones comerciales entre la administración del Muelle del Perú con la empresa privada chilena Terminal Portuario Arica TPA, concesionaria del recinto portuario, a fin de tratar de reubicar los patios de almacenaje de minerales a granel a otros lugares más lejanos porque actualmente están muy próximos al MASP y son los causantes de la mayor cantidad del MP10 presente en el aire de nuestro muelle por la acción directa del viento.
- SEGUNDA: El Consulado del Perú en Arica debe establecer comunicación diplomática con las autoridades consulares de Chile en Arica con el propósito de coordinar encuentros de trabajo con los funcionarios del TPA para persuadirlos y lograr que los minerales a granel tengan un tratamiento acorde con la protección ambiental, no solo del puerto sino también de las viviendas cercanas al puerto que muestran hollín en sus puertas y ventanas, como producto de las partículas de mineral que arrastra el viento.
- TERCERA: Respecto de la contaminación sonora, que ya supera el LMP en el horario nocturno, se recomienda exigir a los conductores de camiones de carga que apaguen el motor de sus vehículos en el periodo de espera para cargar contenedores porque la mayoría de veces, los motores que son alimentados por petróleo diesel, permanecen encendidos en el interior del MASP por varias horas generando mucho ruido.
- CUARTA: Se recomienda realizar, en la medida de lo posible, mediciones de PM10, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> de manera conjunta y al mismo

tiempo en el MASP y en el TPA con el objetivo de cuantificar el nivel de influencia que tiene la calidad del aire del TPA en las instalaciones del MASP y de esta manera establecer un plan estratégico ambiental de mejora continua en los dos escenarios con el fin de lograr indicadores aceptables de las partículas en suspensión, de los gases contaminantes y del ruido.

QUINTA: Aumentar significativamente las áreas verdes en el MASP para la mitigación del dióxido de carbono. En la actualidad, solamente existen pequeños jardines en la zona administrativa los cuales son de reducida extensión y contribuyen en muy poco en la mejora de la calidad del aire. El patio de almacenamiento dispone de aproximadamente de 3000 metros cuadrados, pero los contenedores ocupan en su máxima capacidad un 50% del total del espacio. Por lo anterior, es factible diseñar una zona de mitigación de CO<sub>2</sub> en la parte del patio que no está ocupada.

SEXTA: Utilizar pintura repelente en el techo del almacén para evitar la permanencia de aves guaneras. Cuando las aves defecan en el techo del almacén las heces se endurecen con el sol y luego el viento esparce las partículas causando un incremento de las partículas contaminantes en el MASP.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anister, L. (2014). *Ciencia y Ambiente*. Colombia: Norma 2016.
- Bravo, H. (1999). *Diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad de León*. (2010) León: UNAM-U Iberoamericana.
- Briones, G. (2005). *Problemas de investigación*. (2010). Bogotá: Uniandes.
- Chauvin, P. & Airton, R. (1990). *La polución atmosférica en París: 2008*. Barcelona: Salvat.
- Del Pino, M. (2015). *Tratado del Medio Ambiente*. 2018. Barcelona: Reverté.
- Del Pino, M. (2016). *Introducción a las Ciencias Ambientales*. España: Nueva Academia.
- Fergusson, L. (2003). *Contaminación del aire, suelo y agua*. España: Ateneo 2005.
- Gómez, M. (1996). *Una metodología para la calidad del aire en la zona urbana de Medellín*. (1999). Medellín, Colombia: CITEC.
- Golder, A. (2005). *Logísticos de químicos del sur*. (2006) .Ilo, Perú: Asociación.
- Inche, J. L. (2004). *Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones*. (2008). Lima: UNMSM.
- Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial.(N° 32 - 2004). Gestión de la calidad del aire. Perú: UNMSM.
- Lubeka S.A. (1997). *Calidad del aire: Manual de equipos y procedimientos*. Perú: Lubeka S.A.
- Loperena, D. (2010). *La Calidad del aire y la protección de la atmósfera*. (2011) Madrid, España: Thompson.
- Ministerio del Ambiente, 2013 - *Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014*
- Ministerio del Ambiente , 2003 *Decreto Supremo 074-PCM- ECA*
- Ministerio del Ambiente. *Reglamento de Estándares de Calidad del Aire*. D.S. 074-2013

Mcgraw H. (2010). *La contaminación atmosférica*. (2011). NY. USA: Mcgraw.

National Geographic, N° 5401, *Conservación del aire*. 08 de Enero de 2018.

Organización Panamericana de la Salud. (1976). *Riesgos del ambiente humano para la salud*. No 392. Washington D. C. EUA.

Palop, A. (2014). *La Regulación de la Movilidad Urbana Sostenible*.(2015) Valencia. España: UValencia.

Panel Internacional del Cambio Climático, Paris, 09 De Septiembre de 2013.

Parker, A. (2015). *Industrial air pollutions handbook* (2016). Barcelona, España: Reverté.

Puerto de La Coruña, 2011- *Código de Conducta Ambiental*, pág. 23.

Revista El Heraldo, *Contaminación del aire*, 09 de Febrero de 2017.

Revista Portal Portuario N° 41. (2017). pág.11.

Revista Salud Geoambiental, N° 17, *La Atmósfera*. 30 de Mayo de 2016.

Revista Voz de América, N° 241 *Calidad del aire*, 12 de Octubre de 2011.

Roca, J. (2013). *La Responsabilidad de la economía española en el Calentamiento Global*. (2013) Madrid, España: Catarata.

Selevett. M. (1993). *La contaminación del aire*. Barcelona: Salvat.

Vargas, J. (2017). *Polución, smog y contaminación*. México: Monte de Venus.

Wark, K. & Warner, C. (2018). *Air pollutions, its origin and control*. NY, USA: Limusa.

Xavier, Q. (2014). *La Calidad del Aire en las Ciudades: Reto Mundial* (2015). Madrid, España: FundFenosa.

## **ANEXOS**

**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 01 - FRENTE DE ATRAQUE**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 01**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 01 - FRENTE DE ATRAQUE**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 02**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 01 - FRENTE DE ATRAQUE**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 03**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 01 - FRENTE DE ATRAQUE**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 04**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 01 - FRENTE DE ATRAQUE**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 05**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 01 - FRENTE DE ATRAQUE**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 06**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 02 – PATIO DE CONTENEDORES**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 07**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 02 – PATIO DE CONTENEDORES**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 08**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 02 – PATIO DE CONTENEDORES**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 09**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 02 – PATIO DE CONTENEDORES**

**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 10**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 02 – PATIO DE CONTENEDORES**  
**MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MP10 - FOTO 11**  
**FUENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN PUESTO DE VIGILANCIA**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 02 – PATIO DE CONTENEDORES**

**MEDICIÓN DEL RUIDO CON SONÓMETRO - FOTO 12**



**ESTACIÓN DE MONITOREO – EM 02 – PATIO DE CONTENEDORES**  
**MEDICIÓN DEL RUIDO CON SONÓMETRO - FOTO 13**



# **PROPUESTA DEL PLAN AMBIENTAL PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE MP10, DE LOS GASES CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> Y DEL RUIDO EN MASP.**

## **ESTRUCTURA BÁSICA**

### **1. OBJETIVOS**

#### **1.1. Objetivo General**

Presentar un Plan Ambiental para el monitoreo y mitigación del Material Particulado MP10, los gases CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y el ruido para mejorar la calidad del aire en el Malecón de Atraque al Servicio del Perú en Arica.

#### **1.2. Objetivos Específicos**

- 1.2.1. Identificar las operaciones portuarias que generan mayor contaminación del aire.
- 1.2.2. Medir las concentraciones de MP<sub>10</sub>, de los gases CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> y determinar la intensidad el ruido.
- 1.2.3. Implementar medidas de mitigación a través de buenas prácticas ambientales.

### **2. MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1. Marco histórico**

Proceso detallado de entrega del MASP al gobierno del Perú por el gobierno de Chile en cumplimiento del Tratado de 1929 con especial énfasis en el Art, 5, que fue firmado el 11 de noviembre de 1999.

## **2.2. Marco Legal**

- 2.2.1. Numeral 22 del artículo 2º de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;
- 2.2.2. Artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611- Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;
- 2.2.3. Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, estableciendo el literal d) de su artículo 7º como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiéndose aprobar mediante Decreto Supremo;
- 2.2.4. Los ECA se refieren a valores que no representen riesgo significativo para la salud de las personas ni ambiente, siendo que el concepto de valor guía de la calidad del aire, desarrollado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se refiere al valor de la concentración de los

contaminantes en el aire por debajo del cual la exposición no representa un riesgo significativo para la salud;

- 2.2.5. Numeral 33.2 del Artículo 33º de la Ley N° 28611, establece que la Autoridad Ambiental Nacional, en el proceso de elaboración de los ECA, LMP y otros estándares o parámetros para el control y la protección ambiental debe tomar en cuenta los establecidos por la Organización Mundial de la Salud o las entidades de nivel internacional especializadas en cada uno de los temas ambientales;
- 2.2.6. Numeral 33.4 del Artículo 33º de la mencionada Ley, establece que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;
- 2.2.7. Decreto de Consejo Directivo del Consejo Nacional del Ambiente N° 029-2006-CONAM/CD, se elaboró la propuesta de los ECA a aprobarse, tomando en consideración las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y la opinión de los sectores involucrados;
- 2.2.8. Decreto Supremo N° 033-2007-PCM se han llevado a cabo los procesos de Consulta Pública aprobados por Resoluciones Presidenciales N°s 036 y 038-2008-CONAM/PCD, así como los talleres de coordinación interinstitucional;

2.2.9. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, mediante el cual se aprobó el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, establece que el valor del estándar nacional de calidad ambiental del aire de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) para veinticuatro horas debe ser revisado en el período que se requiera, de detectarse que tienen un impacto negativo sobre la salud en base a estudios y evaluaciones continuas;

2.2.10. Decreto Supremo N° 003-2008 MINAM (21/Ago/08) "Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire". Publicado el 21 de agosto de 2008.

### **2.3. Plan General de Gestión Ambiental**

Los planes de gestión ambiental, en general, son herramientas que suelen usar las corporaciones para presentar, las pautas a seguir para que los procesos dentro de la industria sea mitigada en relación con sus impactos ambientales negativos; El plan ambiental relaciona los procesos, cambios y acciones que se deben llevar a cabo para llegar en cada área o actividad dentro y fuera de la industria con herramientas ambientales incluyendo auditorías internas garantizando el logro de los objetivos previamente planteados estos planes de gestión ambiental en su mayoría se basan en el modelo ISO conformado o destacado por las fases de planear hacer, verificar y ajustar.

La planificación es la elaboración del plan ambiental detallada para destacar las principales falencias a mejorar con su tiempo de mejora, especificando objetos ambientales de la empresa las medidas y acciones preventivas.

El hacer o implementación es la fase de ejecución, se realizan las medidas preventivas a tomar para los anteriores objetivos; esta fase se realiza con personal capacitado, recursos físicos y financieros, la comunicación interna de las políticas ambientales.

Fase de verificación, después de ejecutar los planes se debe monitorear las respectivas actividades evidenciando su eficiencia y comparando la organización del antes y después de los cambios con mediciones, acciones de monitoreo, listas de chequeo, matrices, y auditorías internas.

Fase de ajuste, se adoptan las recomendaciones de los resultados obtenidos en la fase de verificación, para alcanzar los objetivos ambientales. Esta fase debe ser continua y permanente en el área de gestión ambiental de las empresas ya que “Las mencionadas fases se fundamentan en un marco referente a contaminación englobado en actividades empresariales que dicta la norma ISO 14001 y la EMAS elaborado por la unión europea”. (Twenergy, L. 2016 pp.32)

Por otro lado Bolea precisa que, “la gestión ambiental es entendida por algunos autores como “Conjunto de acciones que permitan lograr la máxima racionalidad en el proceso de toma de decisión relativa a la conservación, defensa, protección y mejora del ambiente, mediante una coordinada información interdisciplinaria y la participación ciudadana”. (Bolea, S. 1994 pp. 75)

La estructura propuesta de un Plan General de Gestión Ambiental se presenta en el cuadro siguiente:

## PROPUESTA DE PLAN PARA EVALUAR CALIDAD DEL AIRE EN EL MASP



### **3. CONCEPTOS BÁSICOS DEL PLAN AMBIENTAL**

#### **3.1. EMAS**

“Es la norma voluntaria desarrollada por la unión europea (Reglamento Comunitario de Eco gestión y Eco auditoría) Esta norma esta implementada a las empresas que ya construyeron su sistema de gestión ambiental adquiriendo la mejora continua. Las empresas reconocidas por este logotipo en la unión europea tienen beneficios gubernamentales.” (COMMISSION, s.f.)

#### **3.2. ISO 14001**

“Norma internacional del sistema de gestión ambiental, que prioriza y gestiona la afectación ambiental que genera la empresa, proporcionando elementos ambientales a las empresas para que sean integrados de acuerdo a los requisitos legales y políticas ambientales. La norma da los pasos para diseñar el sistema de gestión ambiental con la implementación de políticas ambientales y los objetivos con requerimiento legal y aspectos significativos.” (Twenwegy, 2016)

#### **3.3. Evaluación ambiental**

“Se define como el instrumento preventivo de gestión, diseñado para identificar y corregir con anticipación los impactos ambientales negativos producidos por acciones humanas de igual forma para optimizar aquellos de carácter positivo; con esta herramienta se puede asegurar los recursos y elementos ambientales susceptibles a ser afectados se describan y evalúen considerando todas las medidas destinadas a su protección. Un propósito de la evaluación ambiental es alcanzar una evaluación

amplia y adecuada de los recursos ambientales involucrados durante el proceso de toma de decisiones. De ahí la importancia de incluir el análisis desde las primeras etapas del proceso.” (Espinoza, 2007)

“El estudio de impacto ambiental es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que se requiera licencia ambiental de acuerdo con la ley y este reglamento.” (Angka, 2016)

#### 3.4. Medidas ambientales

“Son todas aquellas acciones y actos dirigidos a prevenir, corregir, restablecer, mitigar, minimizar, compensar, impedir, limitar, restringir o suspender, entre otras, aquellos efectos y actividades capaces de degradar el ambiente.” (Empicsa, 2014)

#### 3.5. Manejo ambiental

“Es la planeación de acciones orientadas a mejorar la calidad de la vida del hombre, controlando el uso adecuado de los recursos naturales y servicios económicos de manera que mitigue los posibles impactos negativos que recae en ellos.” (Bsyde, 2016)

#### 3.6. Evaluación del riesgo

El Ministerio del Ambiente define en su forma más simple como “la evaluación de riesgo como el postulado de que es el resultado de relacionar la amenaza, la vulnerabilidad y los elementos bajo riesgo con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un evento. Cambios en uno o más

de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, o sea el total de pérdidas esperadas en un área dada por un evento particular. Para llevar a cabo la evaluación del riesgo deben seguirse tres pasos: evaluación de la amenaza o peligro; análisis de vulnerabilidad y cuantificación del riesgo.” (MINAN, 2014)

### 3.7. Gestión ambiental

Se define la gestión ambiental como:

“La Administración integrada del ambiente con criterio de equidad, para lograr el bienestar y desarrollo armónico del ser humano, en forma tal que se mejore la calidad de vida y se mantenga la disponibilidad de los recursos, sin agotar o deteriorar los renovables ni dilapidar los no renovables, todo ello en beneficio de las presentes y futuras generaciones” (Barreda, 2010)

### 3.8. Marco institucional.

Se refiere a los organismos que participan en la protección del medio ambiente como el Ministerio del Ambiente, La OEFA, Digesa, Direcciones del ambiente de los Gobiernos regionales, etc.

## 4. **ALCANCE**

Está orientado a proteger la salud de toda la comunidad portuaria del MASP que está ubicado en la Comuna de Arica. El muelle peruano tiene una extensión de 12 hectáreas .Es componente del Complejo Portuario de Arica.

## **5. MARCO TÉCNICO**

Se refiere a las operaciones que realiza la empresa ENAPU S.A. La experiencia adquirida en ese rubro portuario. Sus principales clientes peruanos y extranjeros. Los servicios de exportación y de importación. Su relación con el ferrocarril Tacna-Arica. La participación de la oficina de Aduanas. El número de personas que laboran de manera directa y los que laboran de manera indirecta. Descripción detallada de las actividades portuarias: Embarque, desembarque, amarre, desamarre, trinca, almacenamiento, pesaje, etc.

## **6. PROCEDIMIENTOS, MÉTODOS E INSTRUMENTOS**

### **6.1. Enfoque Metodológico**

La metodología escogida para este Plan Ambiental permite dar un enfoque de estudio a través de diferentes herramientas de evaluación ambiental, como es el método inductivo - deductivo el cual permite visualizar de forma individual cada área de la empresa estableciendo el análisis de cada hecho, actividad o caso en particular para luego construirla observación detallada y general distinguiendo las principales falencias de la empresa.

### **6.2. Instrumento Metodológico de Recolección de la Información**

#### **6.2.1. Información primaria**

Se toma la información de primera mano en cada lugar estratégico del puerto.

### 6.2.2. Observación

La técnica de observación como método científico de investigación y con ayuda de la herramienta de lista de chequeo permitirá el análisis en áreas y temas ambientales específicos, permitiendo estudiar cada proceso de la empresa de forma más rigurosa y detallada.

### 6.2.3. Información secundaria

El segundo instrumento metodológico se lleva a cabo a través de la recolección de datos almacenados con anterioridad por la empresa, los recibos de servicios públicos, la información suministrada por los empleados y demás documentos que se ponen a disposición de este proyecto.

## 7. DISEÑO ESTRATÉGICO DEL PLAN AMBIENTAL

### 7.1 Fundamento científico del Plan Ambiental

La propuesta de plan establece una investigación de carácter Descriptivo – Cuasi Experimental.

La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Esta puede incluir los siguientes tipos de estudios: encuestas, casos, exploratorios, causales, de desarrollo, predictivos, de conjuntos, de correlación. En nuestro caso, se asume “a priori” un determinado nivel de material particulado, gases contaminantes y ruido en el aire del MASP que alteran su calidad.

La investigación cuasi experimental es aquella en la que existe una exposición, una respuesta y una hipótesis para contrastar, pero no hay aleatorización de los sujetos a los grupos de tratamiento y control, o bien no existe grupo control propiamente dicho.

El experimento diseñado en el presente trabajo, se presenta una exposición (las variables independientes), se muestra una respuesta (la consecuencia que producen las variables independientes, vale decir, la contaminación) y el planteo de una hipótesis (en este caso, la suposición de que un plan de monitoreo y control de las variables independientes mejorará la calidad del aire). Queda claro que al no haberse estratificado a la población no se ha aplicado el concepto de aleatoriedad que caracteriza a las investigaciones experimentales. A pesar de ello, el nivel de la rigurosidad científica de la presente investigación es aceptable.

“Los diseños cuasi-experimentales tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables.” (Hedrick et al., 1993 pp. 54)

“...No obstante, cuando se trata de reflejar lo que sucede en el ambiente natural, se está obligado a trabajar en condiciones en las que es difícil el control experimental.” (Pedhazur, J. y Schmelkin, T., 1991, pp. 62)

## 7.2. Población y/o muestras de estudio

La población se refiere al total de las operaciones portuarias que se desarrollan en las instalaciones del Malecón de Atraque al Servicio del Perú poniendo especial énfasis en las que se

desarrollan en dos escenarios: En el Frente de Atraque que se denominará Estación de Monitoreo N° 01 (EM 01) y el Patio de Contenedores que se identificará como Estación de Monitoreo N° 02.

### 7.3. Acciones y actividades para la ejecución del proyecto

Se determinaron las zonas de monitoreo 01 y 02 en base al número de actividades que en esos lugares se ejecutaban. En dichos escenarios se instalaron los 2 Concentradores de Partículas PM10, HI-VOL ThermoScientifi, con ayuda de asistentes, evitando que los equipos se encuentren en el camino de los camiones y grúas de contenedores.

También se instalaron los Sonómetros en las zonas de monitoreo que permitirá obtener la intensidad del ruido que se produce en el MASP y, por último, se colocaron en las mismas zonas los Sensores Electrónicos para la medición de la Concentración de Gases, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>.

Un dato importante a tener en cuenta es que se debe de estar atento que los equipos están recibiendo la energía eléctrica de manera constante, porque se puede presentar casos en que, por alguna razón, se corta el fluido eléctrico.

### 7.4. Materiales e instrumentos

- ✓ 2 Concentradores de Partículas PM10.
- ✓ 2 Sonómetros
- ✓ 2 Sensores de Gases Ambientales
- ✓ 2 Trípodes de soporte
- ✓ 2 líneas de energía eléctrica

- ✓ 60 filtros PM10
- ✓ Guantes de trinitilo
- ✓ Lentes de seguridad
- ✓ Lap Top

#### 7.5. Operatividad y tratamiento de datos

La operatividad y tratamiento de datos viene a ser en gran sentido la forma como se van a presentar la operacionalización de las variables que participan en la investigación. Para esto se requiere definir correctamente exactamente qué es lo que se quiere medir y cómo se va a lograr esta medición.

Para el presente trabajo denominamos Indicadores a todas aquellas variables independientes (MP<sub>10</sub> gases y ruido) que ,justamente, nos van a permitir conocer de manera cuantitativa en qué medida su presencia modifica y/o altera la calidad del aire en el MASP.

Una vez que se han definido los indicadores y los mecanismos de medición de los mismos, tenemos que aplicar el concepto de definición operacional, lo cual significa obtener la mayor cantidad de información de las variables seleccionadas, para lo cual se debe de describir detalladamente, paso a paso, el procedimiento seleccionado. Para esta parte del trabajo, se apoya en la técnica estadística o metodología de recolección de datos. Estas técnicas deben de ser rigurosas en su aplicación para encontrar la relación entre causa y efecto, es decir entre la presencia de MP<sub>10</sub>, Gases y Ruido y los niveles de contaminación del aire.

Cabe indicar que en la presente investigación no se aplicará el concepto de Dimensiones de las Variables, ya que no se trata de

variables complejas las que están en estudio. Ahora, si las variables de estudio fueran complejas sí se justifica utilizar una dimensión, que en el fondo solo viene a ser una instancia intermedia, por lo tanto se forma una trilogía: Variable-Dimensión-Indicador. A modo de síntesis se concluye que la relación Dimensión-Indicador es la misma que ir de lo general a lo particular.

La presente investigación tiene que discriminar de manera rigurosa los datos que exceden los parámetros establecidos por DIGESA; de esta forma, y a modo de ejemplo, si en el pesaje de los filtros utilizados para la medición del MP10 antes y después del secado correspondiente la diferencia es de 10 mg. La muestra tiene que ser rechazada. En términos generales se eliminarán los datos que se alejen considerablemente de los demás.

Lo mismo ocurre en la cuantificación de los gases contaminantes, las mediciones que se alejen más del 30% de la desviación estándar deben quedar desechados, en el caso del ruido, si las mediciones superan el 30% del promedio de decibeles también serán discriminados.

## **8. PROCEDIMIENTO POR ETAPAS**

### **8.1. Diagnóstico**

Es la evaluación ambiental integral de la empresa. Se basa en la información obtenida de manera directa e indirecta. Se evalúan todas las actividades y su generación de impactos relacionándolos con las normas ambientales.

## 8.2. Acciones a desarrollar previas al monitoreo

8.2.1. Condiciones climatológicas

8.2.2. Selección y calibración de equipos

8.2.3. Seguridad para los equipos.

8.2.4. Ubicar fuentes de energía eléctrica para uso continuo de los equipos de medición.

8.2.5. Determinar ubicación segura de equipos e instrumentos.

## 8.3. Acciones a desarrollar durante el monitoreo

8.3.1. Instalación del concentrador de partículas pm10.

8.3.2. Instalación de sonómetro.

8.3.3. Manipulación de sensores de gases.

## 8.4. Acciones a desarrollar después del monitoreo

8.4.1. Lectura de material particulado MP10.

8.4.2. Discriminación

Descartar resultados si la diferencia de pesadas de filtros, en la balanza de precisión antes y después de la medición superan los 2 (dos) mg.

8.4.3. Lectura de gases contaminantes CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>.

8.4.4. Descartar medición de gases si, en cada caso, el resultado de la serie de mediciones tiene una desviación estándar mayor al 30%.

8.4.5. Lectura de sonómetro descartar datos que superen el 30% de la intensidad promedio.

8.4.6. Descartar medición de ruido si el resultado de la serie de medidas tiene una desviación estándar mayor al 30%.

## **9. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Este aspecto involucra tres partes.

### **9.1. Cuadros estadísticos**

Presenta en detalle todos los resultados de manera ordenada en sus respectivos casilleros.

### **9.2. Gráficos estadísticos**

Se presentan los resultados en gráficos estadísticos para una mejor visualización.

### **9.3. Interpretación de resultados**

Acompañando a los gráficos estadísticos se debe de realizar una interpretación de los aspectos más importante de los resultados.

## **10. PLAN DE MITIGACIÓN**

El plan de mitigación está en función de los niveles alcanzados en los resultados de la medición de las variables independientes y que puedan constituir una potencial amenaza a las personas.

El plan de mitigación se refiere a la implementación de medidas que tiendan a reducir los impactos ambientales más trascendentes. Se elabora un manual de buenas prácticas ambientales que estén orientadas a eliminar o a reducir los efectos perniciosos de la contaminación del aire.

Podría ser reducir el tiempo en que los motores de los camiones de carga estén encendidos, mejorar la calidad del combustible, cambiar los motores de combustión de petróleo por motores a gas, que los capitanes de barcos reduzcan el tiempo que mantiene encendidos los motores del barco, que los camiones esperen fuera del puerto, etc.

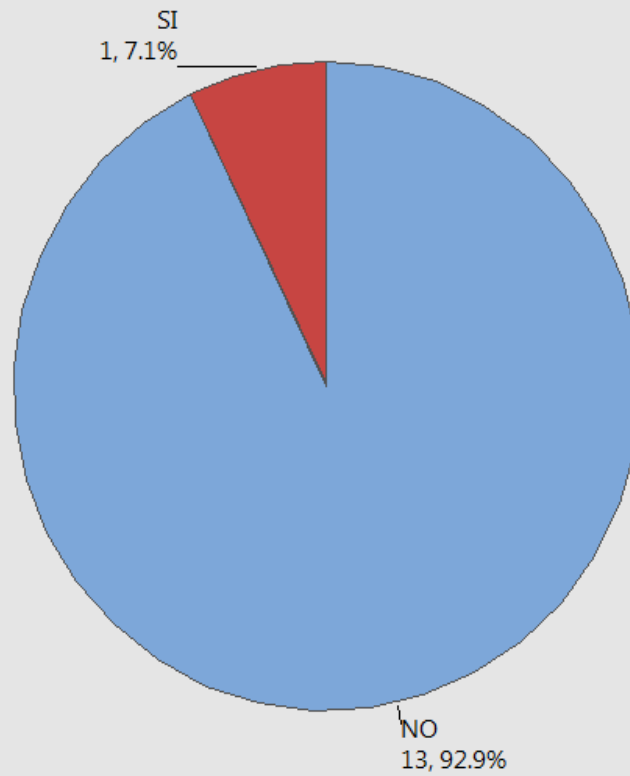
**Tabla 33.**

***Encuesta a trabajadores de ENAPU S.A.***

TRABAJA- DORES	CONOCEN PLAN AMBIENTAL	HORAS QUE PERMANECEN EN MASP	PERCIBEN MAL OLOR	PERCEPCIÓN DEL RUIDO
1	NO	8	NO	ALTO
2	NO	8	NO	NORMAL
3	NO	8	NO	NORMAL
4	SI	8	NO	BAJO
5	NO	8	SI	BAJO
6	NO	12	SI	NORMAL
7	NO	12	NO	NORMAL
8	NO	12	NO	NORMAL
9	NO	12	NO	ALTO
10	NO	12	NO	NORMAL
11	NO	12	NO	NORMAL
12	NO	12	NO	NORMAL
13	NO	12	SI	ALTO
14	NO	12	NO	NORMAL
15	NO	12	NO	NORMAL

La encuesta se dirigió a trabajadores administrativos que laboran 8 horas diarias y al personal de vigilancia que laboran en turnos de 12 horas cada día.

## PREGUNTA N° 1 ¿ CONOCE QUÉ ES UN PLAN AMBIENTAL ?



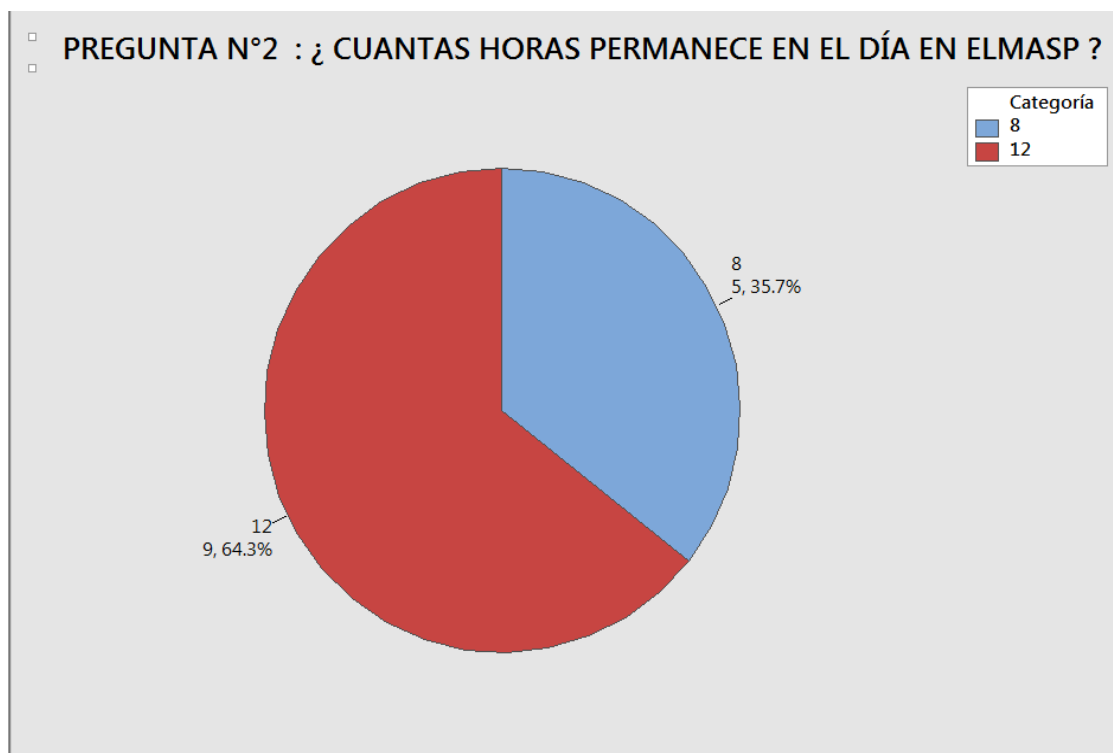
**Figura 29. Plan ambiental**

### **Interpretación:**

De un total de 14 trabajadores encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

01 persona, que representa el 7,1%, respondió que si conocía un plan ambiental.

13 personas, que representan el 92,9%, respondieron que no conocían un plan ambiental.



**Figura 30. Tiempo en el MASP**

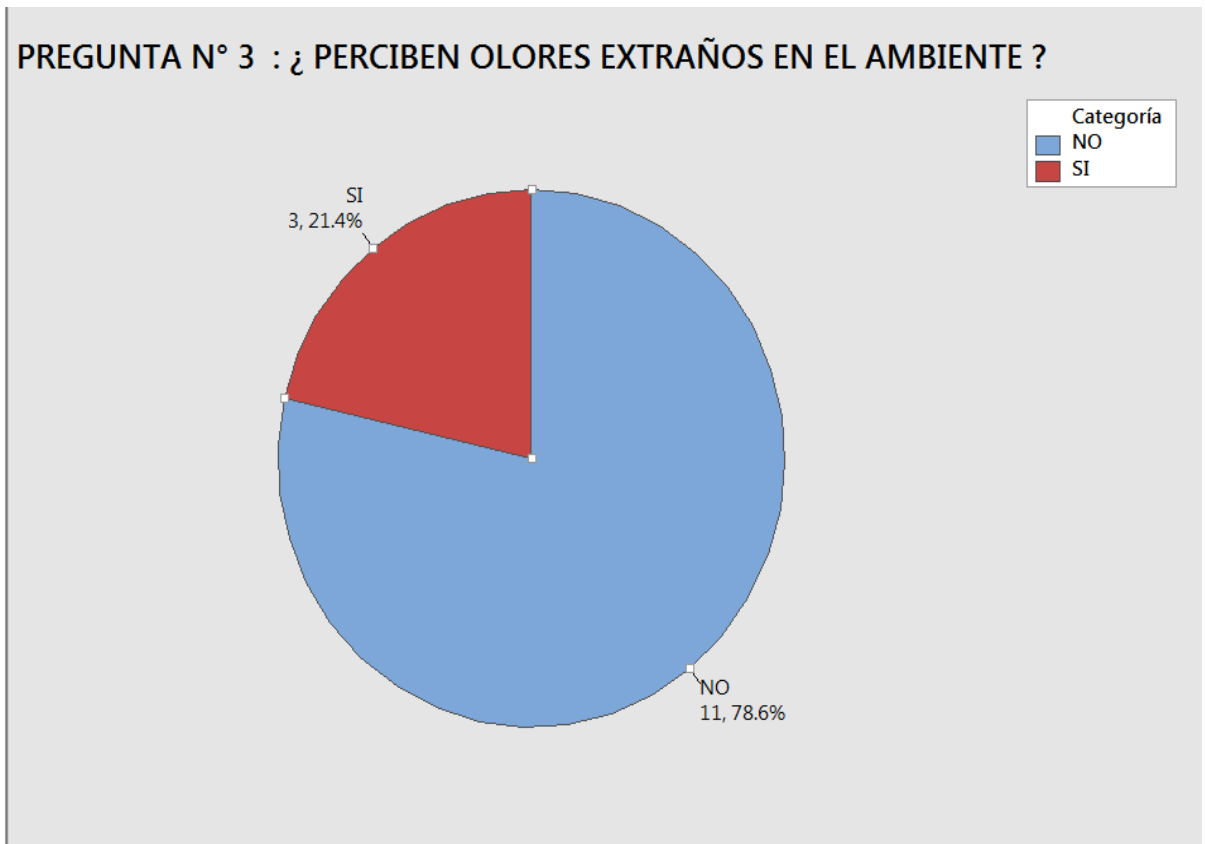
**Interpretación:**

De un total de 14 trabajadores encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

05 personas, que representan el 35,7%, respondió que permanecían 8 horas diarias en el MASP.

09 personas, que representan el 64,3%, respondieron permanecían 12 horas diarias en el MASP.

**PREGUNTA N° 3 : ¿ PERCIBEN OLORES EXTRAÑOS EN EL AMBIENTE ?**



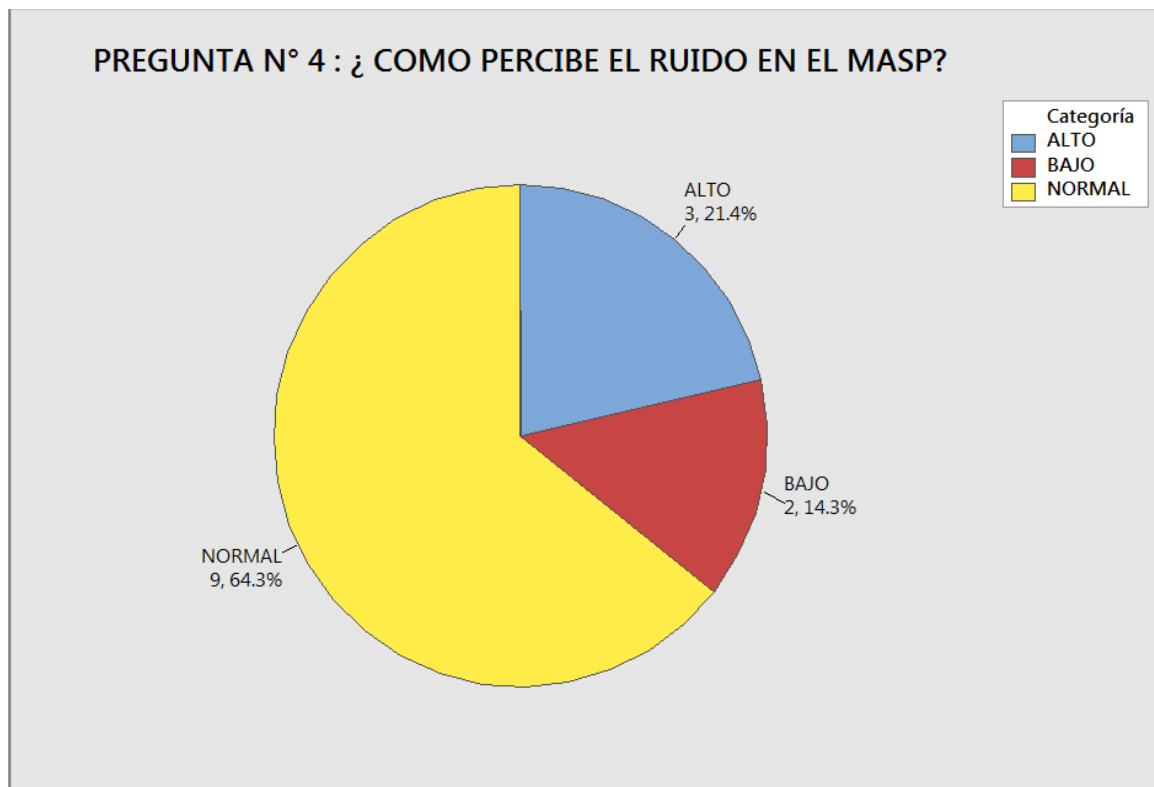
**Figura 31. Olores extraños**

**Interpretación:**

De un total de 14 trabajadores encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

03 personas, que representa el 21,4 %, respondieron que si percibían olores extraños en el ambiente.

11 personas, que representan el 78,6%, respondieron que no percibían olores extraños en el ambiente.



**Figura 32. Ruidos**

**Interpretación:**

De un total de 14 trabajadores encuestados se obtuvieron los siguientes resultados:

02 personas, que representa el 14,3 %, respondieron que el ruido es bajo en el MASP.

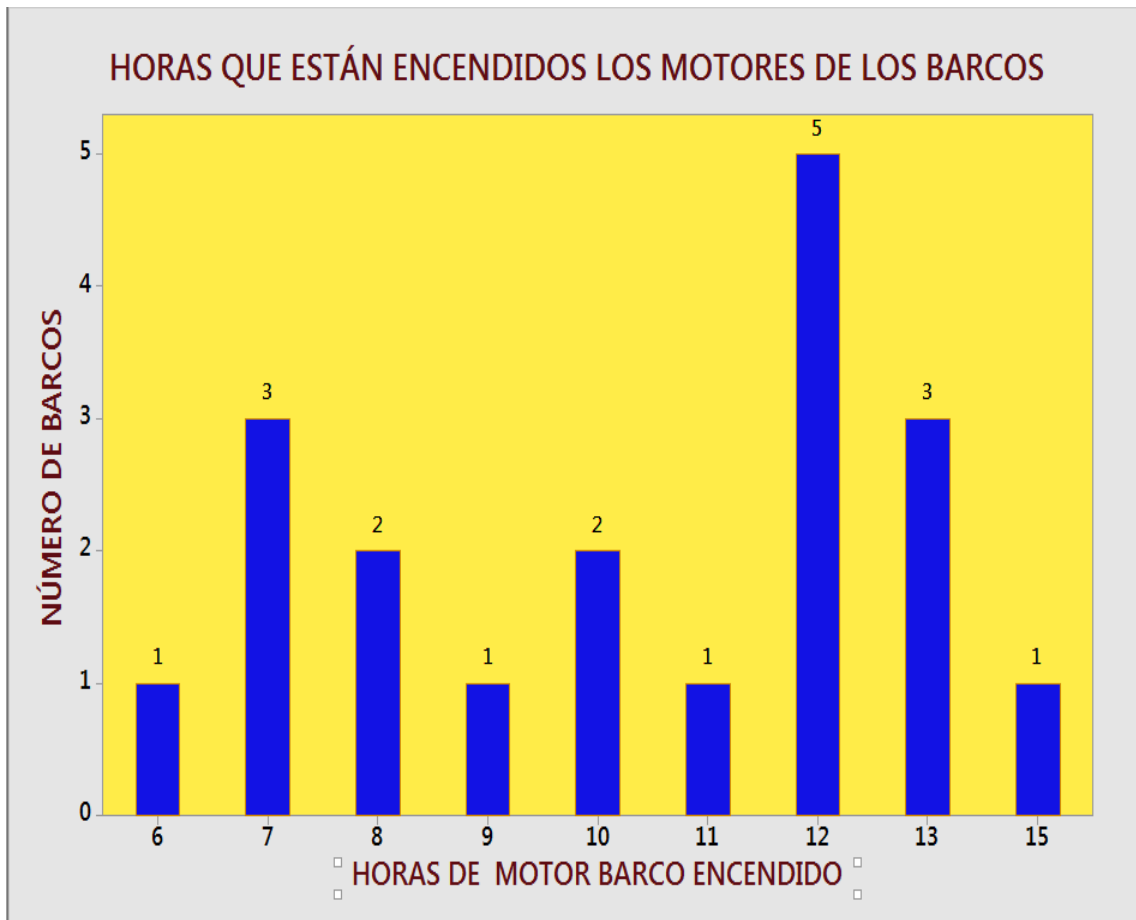
03 personas, que representan 21,4% respondieron que el ruido es alto en el MASP.

09 personas, que representan el 64,3%, respondieron que el ruido es normal.

**Tabla 34.**

***Registro del número de horas con el motor encendido de barcos, grúas stakers, camiones de carga y montacargas.***

<b>DIA</b>	<b>HORAS MOTOR BARCO</b>	<b>HORAS MOTORES GRUAS STAKERS</b>	<b>HORAS MOTORES CAMIONES DE CARGA</b>	<b>HORAS MOTORES MONTACARGAS</b>
1	12	7	8	3
2	13	5	10	5
3	7	9	8	4
4	11	9	8	5
5	15	6	9	4
6	12	5	7	6
7	12	6	8	4
8	8	7	7	5
9	9	4	7	3
10	12	8	8	4
11	13	5	6	6
12	12	7	9	5
13	10	8	6	7
14	7	4	7	5
15	6	6	7	4
16	10	5	6	5
17	8	7	8	6
18	7	6	5	5
19	13	8	6	4

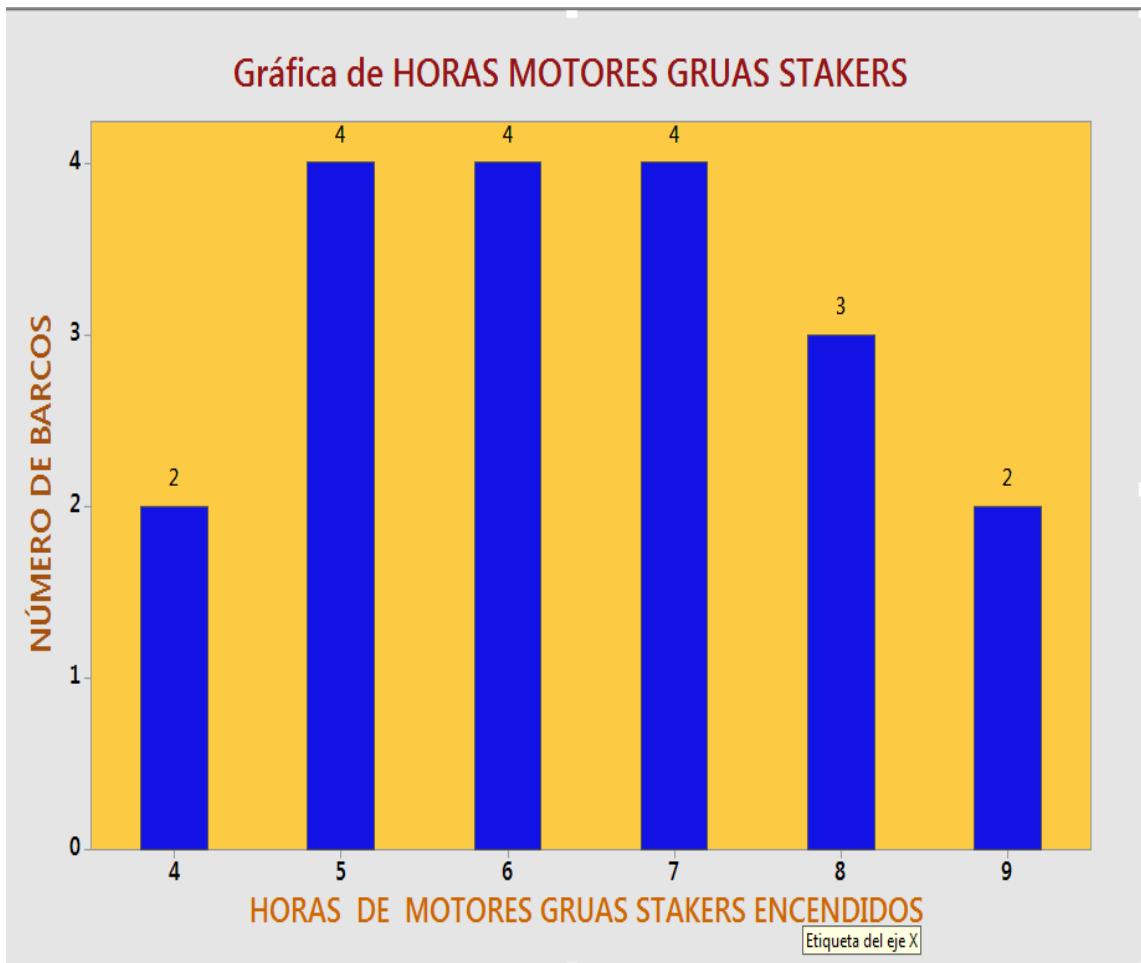


**Figura 33. Horas que están encendidos los motores de los barcos.**

**Interpretación:**

La mayoría de barcos que arriban al MASP mantienen sus motores encendidos entre 12 y 13 horas y en todo ese largo periodo están emitiendo gases contaminantes en grandes cantidades.

La razón por la cual el barco tiene tantas horas con el motor encendido es que las grúas que traen consigo necesitan estar operativas todo el tiempo en que realizan maniobras de descarga y carga.

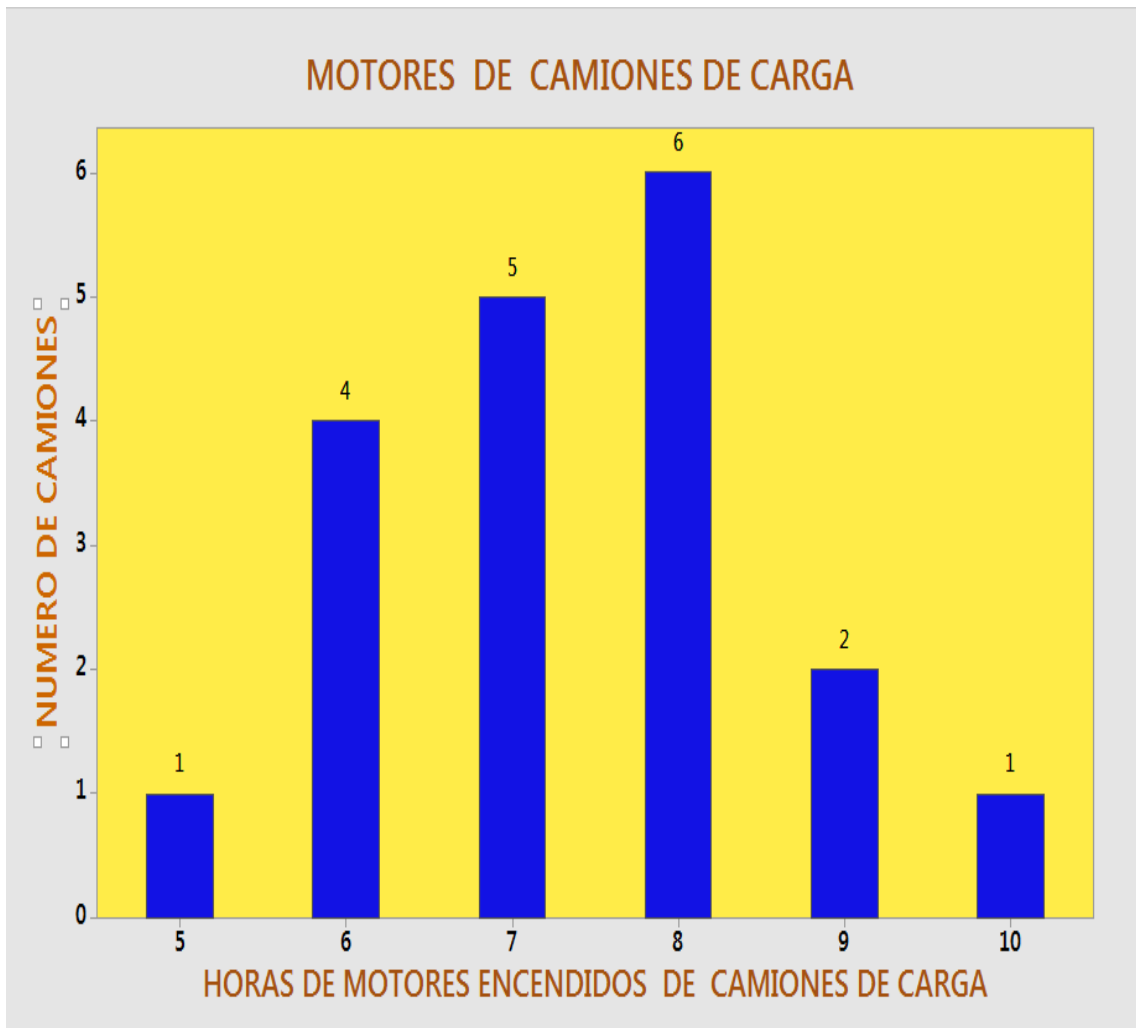


**Figura 34.** Gráfica de horas motores grúas stakers.

**Interpretación:**

La mayoría de las grúas que trabajan en el MASP mantienen sus motores encendidos entre 5 y 8 horas ininterrumpidas.

Pocas son las grúas stakers que apagan sus motores en los intervalos de descanso.

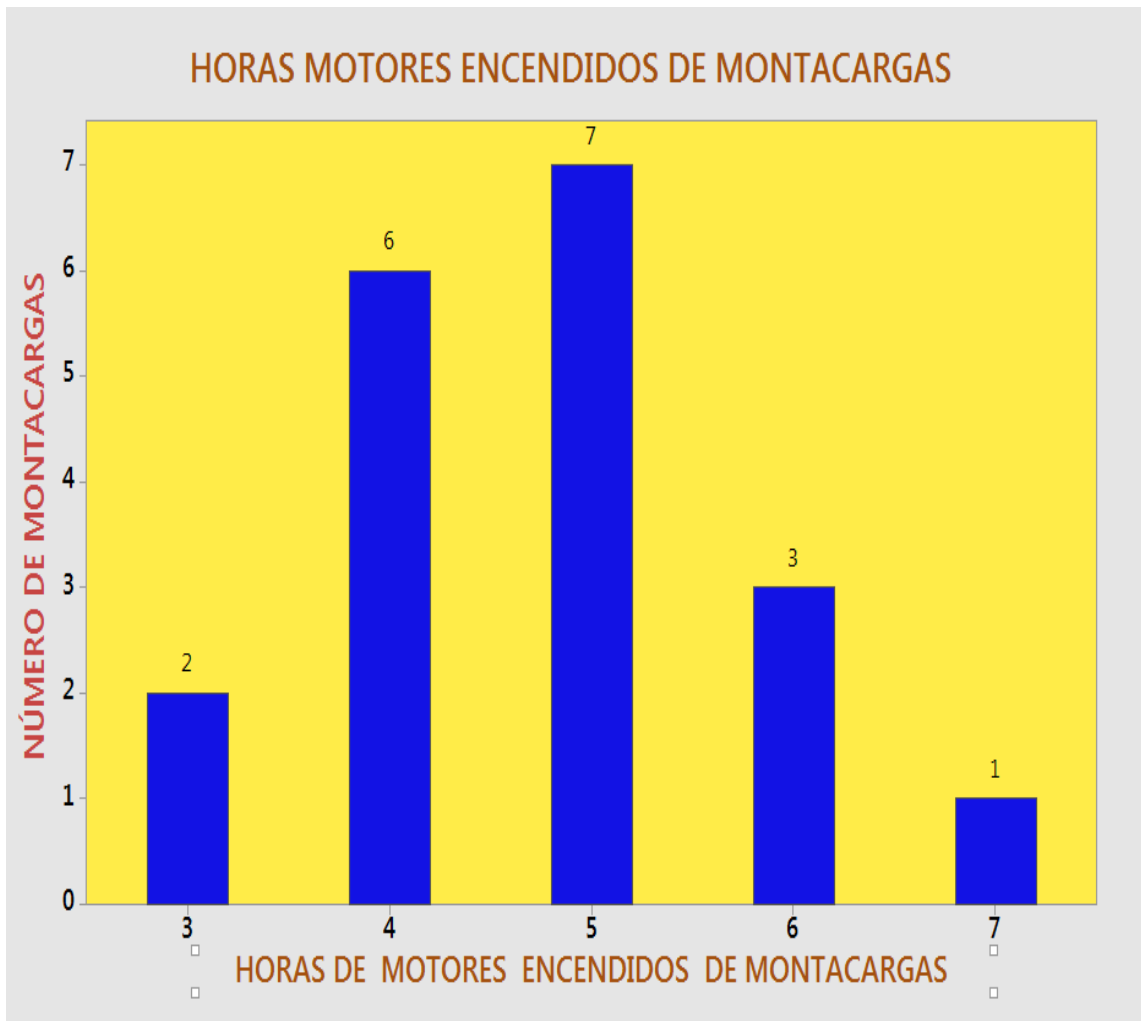


**Figura 35. Motores de camiones de carga.**

**Interpretación:**

15 camiones, que son la mayoría, mantienen sus motores prendidos entre 6 y 8 horas durante las operaciones de carga y descarga de contenedores.

3 camiones de carga tienen sus motores encendidos entre 9 y 10 horas.



**Figura 36. Horas motores encendidos de montacargas.**

**Interpretación:**

16 montacargas, de un total de 19, mantienen sus motores encendidos durante 4 a 6 hrs. en las faenas de carga y descarga de contenedores.

Solamente hay un montacargas que mantiene encendido su motor durante 7 horas.

**RESULTADOS DEL MONITOREO DE 30 DIAS PARA EXPRESARLO  
EN PROMEDIO DE 24 HORAS PARA LOS GASES CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub>**

**Estadísticos descriptivos: MONÓXIDO DE C (CO) ug/m<sup>3</sup>**

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
MONÓXIDO DE C (CO) ug/m <sup>3</sup>	30	0	5506	967	3245	4648	5605	6468	7656

**Estadísticos descriptivos: DIÓXIDO DE C (CO<sub>2</sub>) ug/m<sup>3</sup>**

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DIÓXIDO DE C (CO <sub>2</sub> ) ug/m <sup>3</sup>	30	0	600.1	121.6	387.0	497.0	604.5	673.0	865.0

**Estadísticos descriptivos: DIÓXIDO DE N (NO<sub>2</sub>) ug/m<sup>3</sup>**

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DIÓXIDO DE N (NO <sub>2</sub> ) ug/m <sup>3</sup>	30	0	78.23	9.25	54.00	73.25	78.00	86.25	93.00

**Estadísticos descriptivos: DIÓXIDO DE S (SO<sub>2</sub>) ug/m<sup>3</sup>**

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DIÓXIDO DE S (SO <sub>2</sub> ) ug/m <sup>3</sup>	30	0	60.27	7.42	48.00	54.00	57.50	66.00	76.00

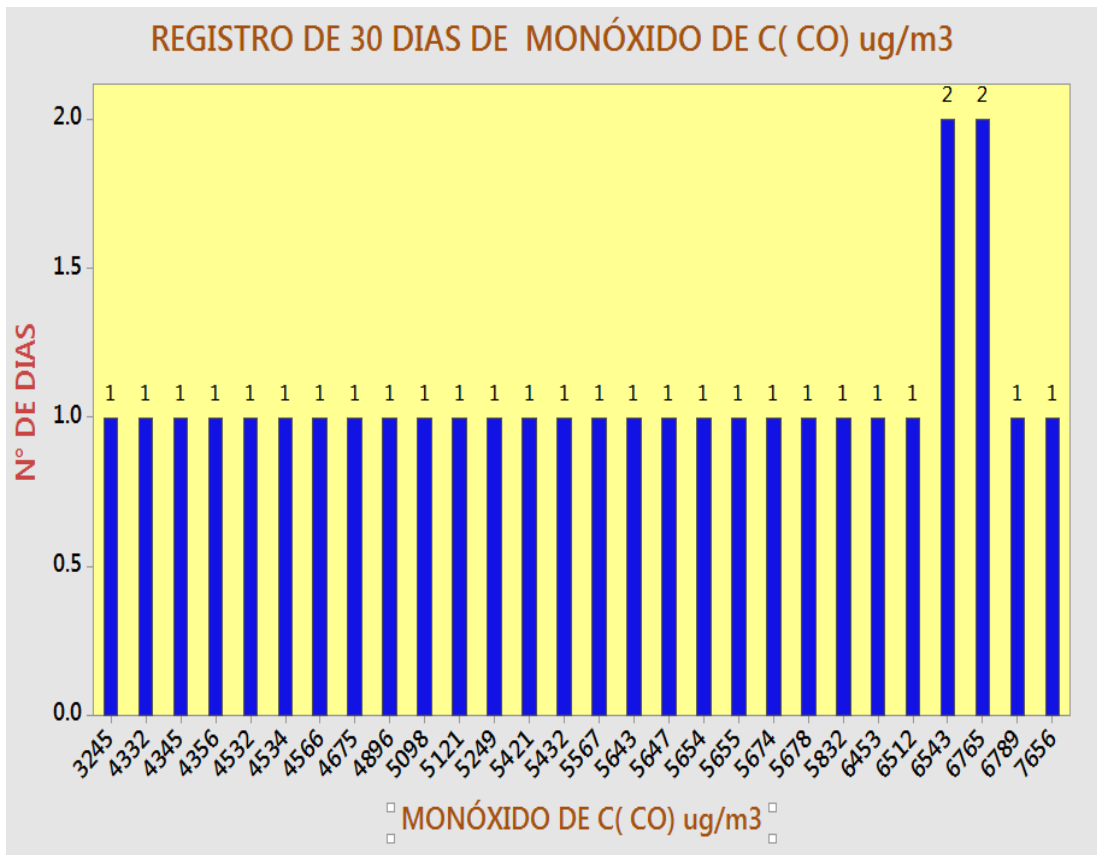
**Interpretación:**

1. Gas monóxido de carbono (CO) posee una media de 5506 ug/m<sup>3</sup> con desviación estándar de 967 lo cual genera un coeficiente de variación de 17,56% que se acepta porque los datos registrados poseen 82,44 % de homogeneidad.
2. Gas dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) posee una media de 600,1 ug/m<sup>3</sup> con desviación estándar de 121,6 lo cual genera un coeficiente de variación de 20,26 %, que se acepta porque los datos registrados poseen 79,74% de homogeneidad.

Coeficiente de Variación =  $( 121,6 / 600,1 ) \times 100 = 20,26\%$

Grado de Homogeneidad:  $100\% - 20,26\% = 79,74 \%$

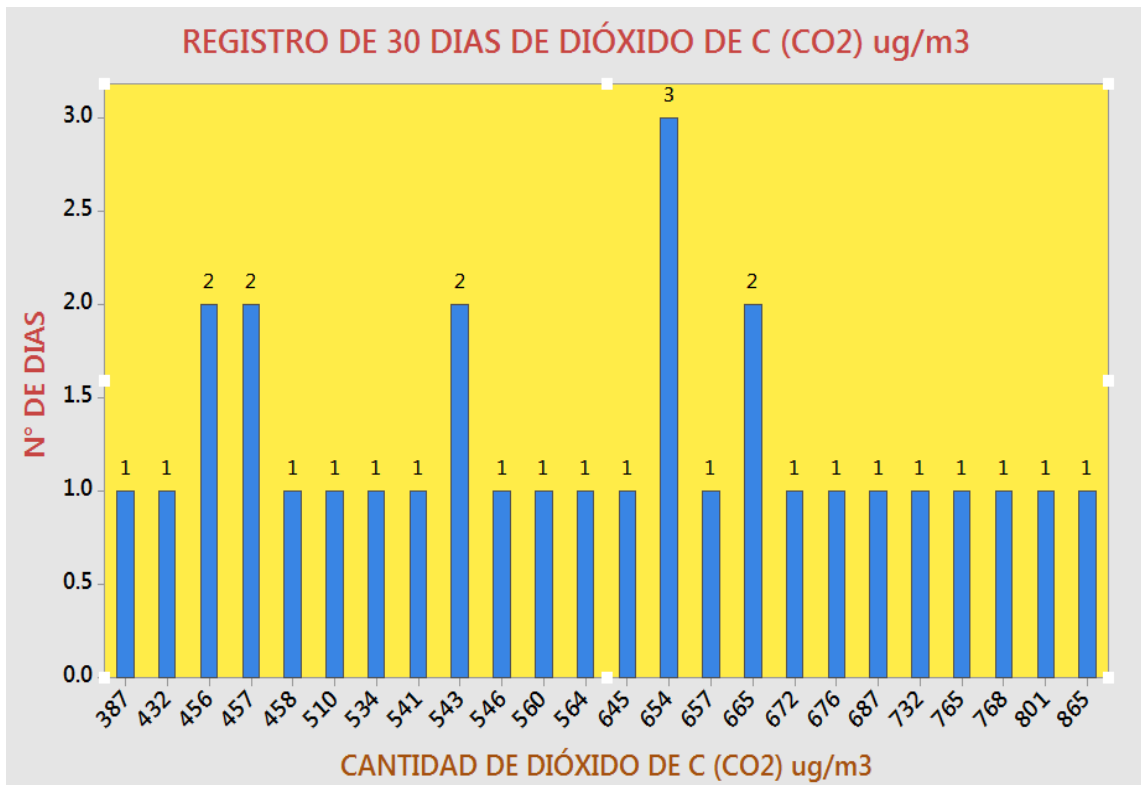
3. Gas dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) posee una media 78,23 ug/m<sup>3</sup> con desviación estándar de 9,25 lo cual genera un coeficiente de variación de 11.82% que se acepta porque los datos registrados poseen un 88,18% de homogeneidad.
  
4. Gas dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) posee una media 60,27 ug/m<sup>3</sup> con desviación estándar de 7,42 lo cual genera un coeficiente de variación de 12,31% que se acepta porque los datos registrados poseen un 87,69% de homogeneidad.



**Figura 37. Registro de 30 días de monóxido de C (CO) ug/m3.**

**Interpretación:**

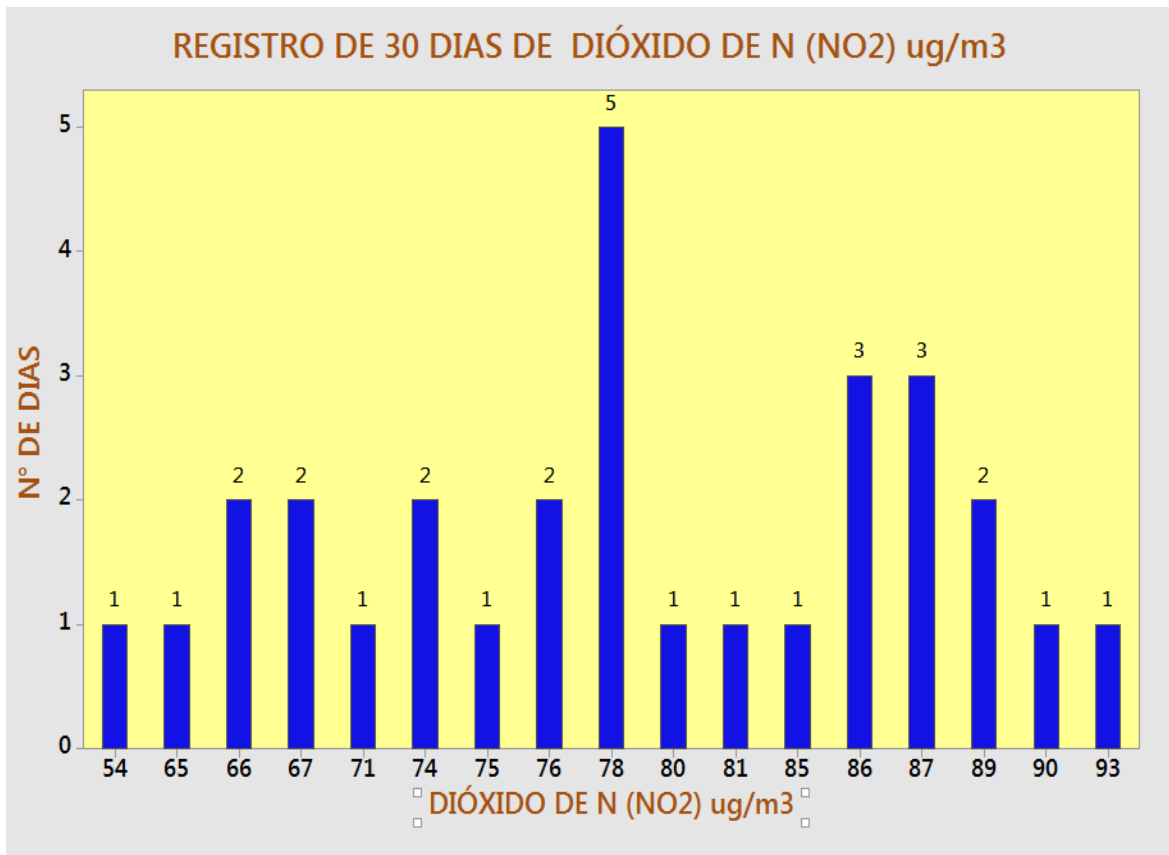
En los 30 días de registro de monóxido de carbono (CO) se observa que los valores se encuentran muy por debajo de los 10 000 ug/m<sup>3</sup> que el LMP.



**Figura 38. Registro de 30 días de dióxido de C (CO<sub>2</sub>) ug/m<sup>3</sup>.**

**Interpretación:**

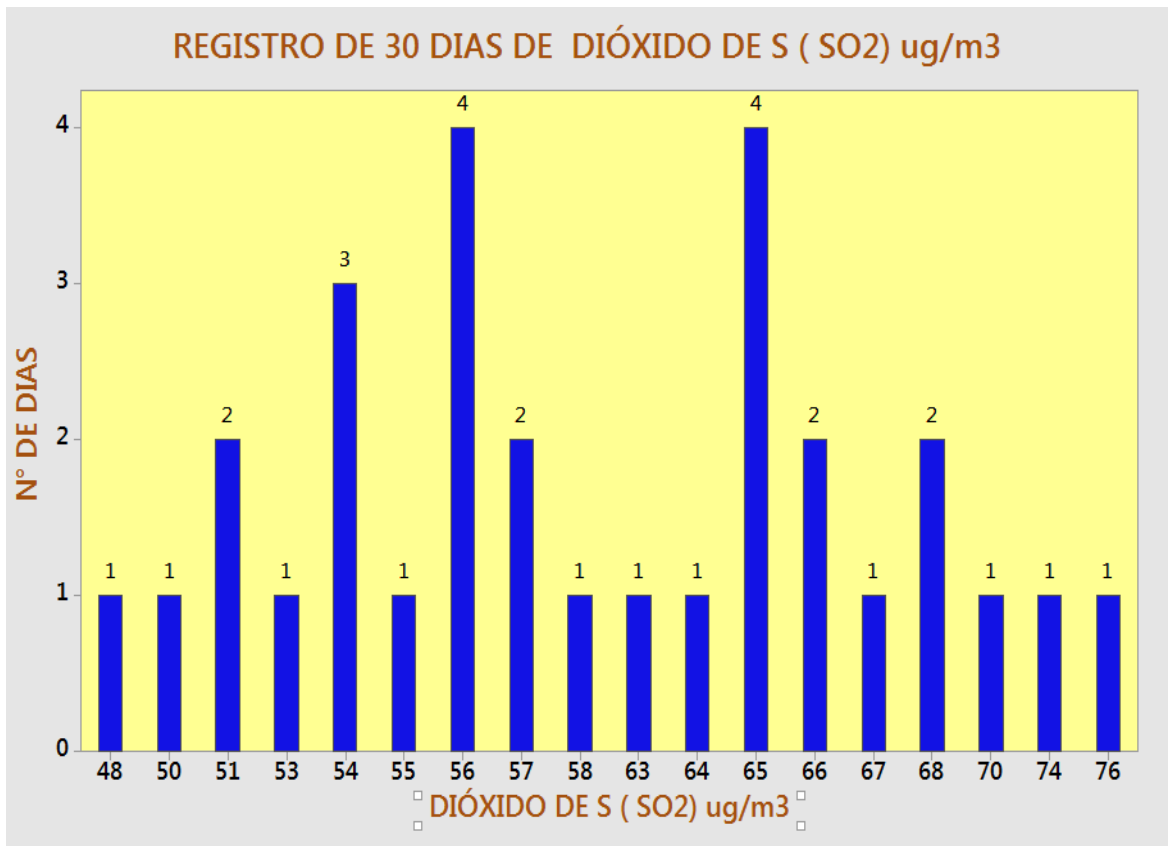
En 30 días de registro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se observa que el 83,3% de los valores se encuentran por debajo del LMP que es de 700 ug/m<sup>3</sup>



**Figura 39. Registro de 30 días de dióxido de N (NO<sub>2</sub>) ug/m<sup>3</sup>.**

**Interpretación:**

En el registro de 30 días de la medida del NO<sub>2</sub> se observa que los niveles se encuentran bastante bajos con relación al LMP que es de 100 ug/m<sup>3</sup>.



**Figuras 40.** Registro de 30 días de dióxido de S (SO2) ug/m3.

**Interpretación:**

En el registro de 30 días de la medida del SO<sub>2</sub> se observa que los niveles se encuentran bastante bajo con relación al LMP que es de 80 ug/m3.

**REGISTRO DE 30 DÍAS DEL MATERIAL PARTICULADO MP10**

<b>DÍAS</b>	<b>MP10 ug/m3</b>
1	54
2	56
3	46
4	58
5	51
6	48
7	53
8	44
9	57
10	65
11	67
12	48
13	53
14	48
15	56
16	48
17	57
18	56
19	55
20	58
21	75
22	67
23	77
24	67
25	54
26	46
27	56
28	54
29	66
30	69

**RESULTADOS PARA REGISTRO DE 30 DIAS DEMATERIAL**  
**PARTICULADO MP10**

**Resultados para: Hoja3**

**Estadísticos descriptivos: MP10 ug/m3**

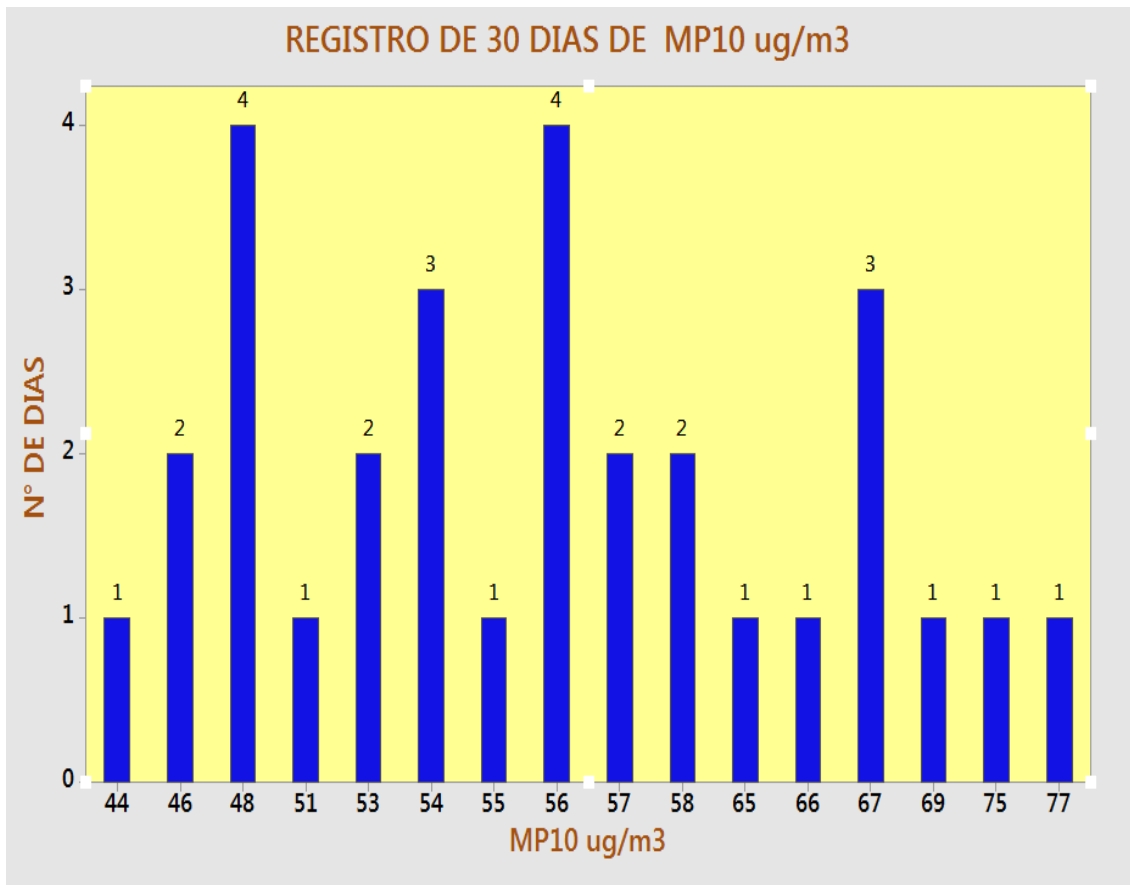
Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
MP10 ug/m3	30	0	56.97	1.57	8.62	44.00	50.25	56.00	65.25	77.00

**Interpretación:**

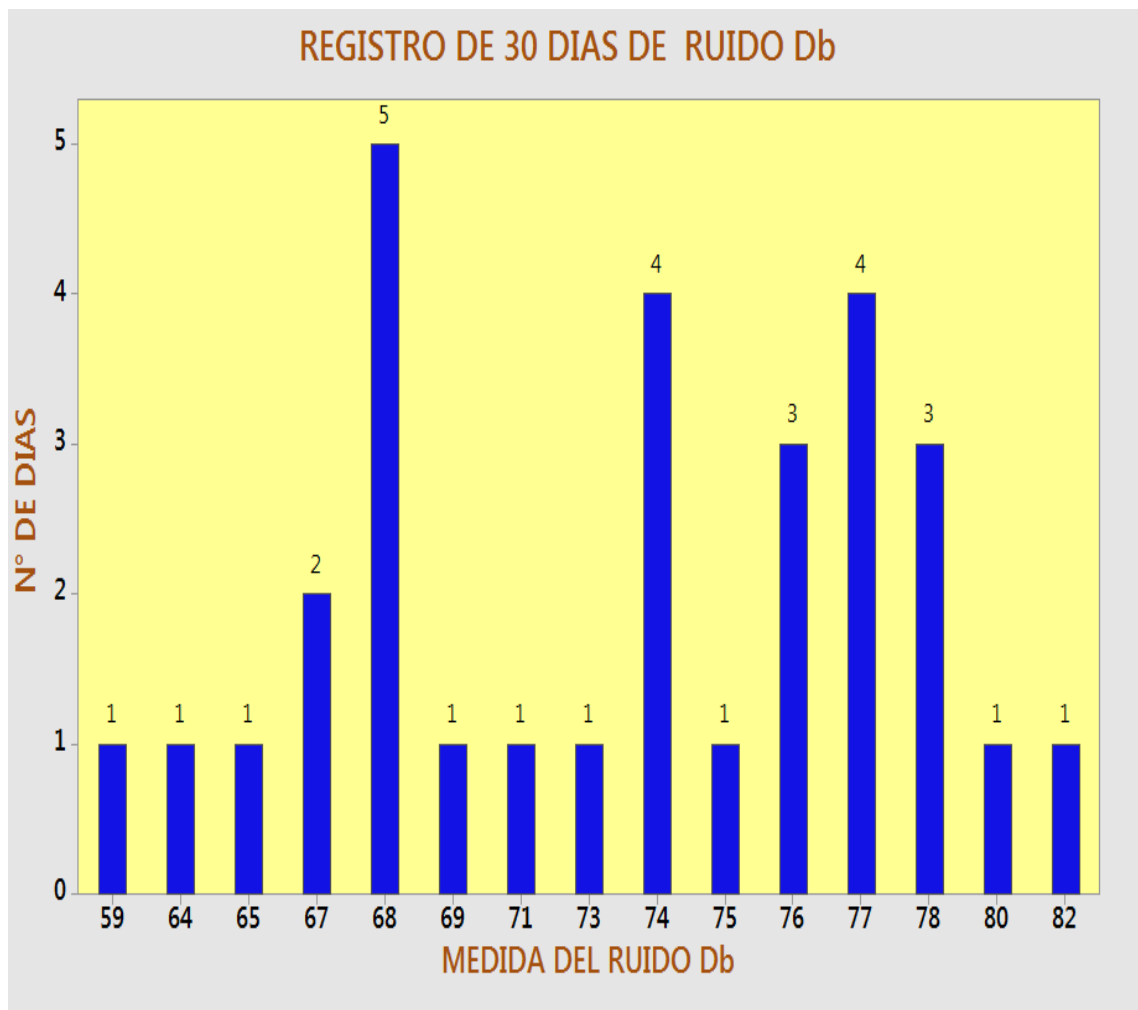
El resultado de la media de MP10 en 30 días es de 56,97 ug/m3 y su desviación estándar es de 8,62 por lo que su coeficiente de variación es de 15,13% razón por la cual se acepta considerando un grado de homogeneidad delos datos del 84,87%.

Coeficiente de Variación =  $( 8,62 / 56,97 ) \times 100 = 15,13 \%$

Grado de Homogeneidad:  $100 \% - 15,13 \% = 84,87\%$



En el registro de 30 días de material particulado MP10 se observa que se encuentra muy por debajo del límite máximo permisible que es de 150 ug/m<sup>3</sup>.



En los 30 días de registro del ruido se observa que hay 19 días donde la intensidad supera el límite permisible de 70 dB y demuestra que se deben de ejecutar medidas de mitigación con suma urgencia.

## Estadísticos descriptivos: RUIDO Db

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
RUIDO Db	30	0	72.600	0.993	5.437	59.000	68.000	74.000	77.000	82.000

### Interpretación:

La intensidad promedio del ruido en el registro de 30 días es de 72,6 dB y su desviación estándar es de 5,437 por lo que su coeficiente de variación es de 7,4% lo cual origina un alto grado de homogeneidad de sus datos de 92,6 %.

Coeficiente de Variación =  $( 5,437 / 72,6 ) \times 100 = 7,4 \%$

Grado de Homogeneidad:  $100 \% - 7,4 \% = 92,6 \%$

**RESULTADOS DE MONITOREO DE GASES EXPRESADOS EN PARTES POR MILLÓN-PPM**

**RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE**

**REGISTRO DE GASES EVALUADOS  
INSTRUMENTO: SENSOR DE ESTADO SÓLIDO**

**SEGÚN NORMAS LEGALES :**

1. Protocolo de monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos (R.D. N° 1404-2005-DIGESA/SA)
2. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM “Reglamento de Calidad Ambiental para Aire”

Unidades Equivalentes en Partes Por Millón: PPM

FECHA	CO	Límite Permissible C (Método: Infrarojo No Dispersivo-Automático)	CO <sub>2</sub>	Límite Permissible CO <sub>2</sub> (Método: Infrarojo No Dispersivo-Automático)	SO <sub>2</sub>	Límite Permissible SO <sub>2</sub> (Método: Fluorescencia - Método Automático)	NO <sub>2</sub>	Límite Permissible NO <sub>2</sub> (Método: Quimiluminiscencia - Automático)
13/04/15	4,986	8,749	0,259	700-0,390	0,226	80- 0,031	0,043	0,058
15/06/15	5,909	8,749	0,303	700-0,390	0,025	80- 0,031	0,040	0,058
14/09/15	5,764	8,749	0,339	700-0,390	0,027	80- 0,031	0,046	0,058
11/12/15	6,128	8,749	0,364	700-0,390	0,025	80- 0,031	0,073	0,058

## RESULTADOS EN ESTACIÓN DE MONITOREO EM – 02 PATIO DE CONTENEDORES

### REGISTRO DE GASES EVALUADOS

**SEGÚN NORMAS LEGALES :**

- 1.- Protocolo de monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos (R.D. N° 1404-2005-DIGESA/SA).
- 2.- Decreto Supremo N° 074-2001-PCM "Reglamento de Calidad Ambiental para Aire"

**Unidades expresadas en PARTES POR MILLÓN**

FECHA	CO	Límite CO Permisible (Método: Fluorescencia- Método Automático)	CO <sub>2</sub>	Límite CO <sub>2</sub> Permisible (Método: Fluorescencia- Método Automático)	SO <sub>2</sub>	Límite SO <sub>2</sub> Permisible (Método: Fluorescencia- Método Automático)	NO <sub>2</sub>	Límite NO <sub>2</sub> Permisible (Método: Fluorescencia- Método Automático)
13/03/15	4,599	8,749	0,243	0,390	0,017	0,031	0,046	0,058
15/06/15	5,839	8,749	0,266	0,390	0,025	0,031	0,050	0,058
12/09/15	5,248	8,749	0,322	0,390	0,025	0,031	0,047	0,058
13/12/15	4,868	8,749	0,315	0,390	0,025	0,031	0,051	0,058

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS GASES CONTAMINANTES EN CADA ESTACIÓN DE MONITOREO**

**GAS CONTAMINANTE MONÓXIDO DE CARBONO - CO**

ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CO			
	<u>Unidades Equivalentes en Partes Por Millón : PPM</u>			
ESTACIÓN DE MONITOREO	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRETE DE ATRAQUE	4,985	5,909	5,764	6,128
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	4,606	5,839	5,248	5,868

**Concentración de CO en el frente de atraque y patio de contenedores.**

## GAS CONTAMINANTE DIÓXIDO DE CARBONO CO<sub>2</sub>

ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CO <sub>2</sub>			
	<u>Unidades Equivalentes en Partes Por Millón : PPM</u>			
	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	0,259	0,303	0,339	0,364
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	0,243	0,266	0,322	0,314

**Concentración de CO<sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores.**

## GAS CONTAMINANTE DIÓXIDO DE NITRÓGENO - NO<sub>2</sub>

ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE NO <sub>2</sub>			
	<u>Unidades Equivalentes en Partes Por Millón : PPM</u>			
	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	0,042	0,037	0,042	0,045
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	0,042	0,046	0,043	0,047

**Concentración de NO<sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores.**

## GAS CONTAMINANTE DIÓXIDO DE AZUFRE - SO<sub>2</sub>

ESTACIÓN DE MONITOREO	NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE OXIDO DE AZUFRE			
	<u>Unidades Equivalentes en Partes Por Millón : PPM</u>			
	MARZO 2015	JUNIO 2015	SEPTIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015
EM – 01 FRENTE DE ATRAQUE	0,023	0,025	0,027	0,025
EM -02 PATIO DE CONTENEDORES	0,017	0,025	0,025	0,027

**Concentración de SO<sub>2</sub> en el frente de atraque y patio de contenedores.**