



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Análisis de Monitoreo de Calidad de Aire de acuerdo al  
Programa de Monitoreo Ambiental aprobado en una  
Central Termoeléctrica**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Montoya Huaman, Yalili Yanire (ORCID: 0000-0003-1153-705X)

**ASESOR:**

Mg. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Gestión Ambiental

LIMA- PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios por el aprendizaje que me da el día a día y por no permitir que decaiga ante situaciones adversas.

A mis padres Jorge y Rosita que son mis grandes aliados en la vida, sin ellos no podría haber llegado hasta donde estoy, por su sacrificio y amor incondicional.

Madre mía, aunque ya no estes a mi lado físicamente agradezco todo lo que me has dado en vida. Te amo

A mis hermanos Mariela y Jorge los cuales son mi gran apoyo ante todo y puedo decir que son mis mejores amigos.

Finalmente, a mi sobrino Gaelito que es mi luz, esperanza y felicidad.

.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, porque cada uno con su granito de arena me ayudo a crecer como persona  
Agradezco a las amistades que he tenido durante todo este tiempo ya que me enseñaron a perseguir mis metas.

De igual manera agradezco a la empresa Nakamura Consultores S.A.C por darme la oportunidad de poder desarrollarme profesionalmente.

También a la Universidad Cesar Vallejo por permitir que pueda pertenecer a uno de sus profesionales logrados.

## ÍNDICE

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1. Formulación de Problema.....	12
1.2. Objetivos.....	12
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1. Antecedentes .....	13
2.2. Bases Teóricas.....	17
2.3. Marco Conceptual.....	18
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
3.1 Metodología de Informe.....	22
3.2 Recolección de Datos.....	22
3.3 Procedimiento.....	23
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
4.1 Material Particulado menor a 10 micras.....	24
4.2 Material Particulado menor a 2.5 micras.....	24
4.3 Plomo.....	24
4.4 Benceno.....	25
4.5 Hidrocarburos Totales.....	25
4.6 Monóxido de Carbono.....	25
4.7 Dióxido de Nitrógeno.....	26
4.8 Dióxido de Azufre.....	26
4.9 Sulfuro de Hidrógeno.....	26
4.10 Ozono.....	27
4.11 Parámetros Meteorológicos.....	27
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>

<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>30</b>
<b>DECLARACION JURADA.....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla N° 1 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire .....	35
Tabla N° 2 Centrales Térmicas en el mundo .....	36
Tabla N° 3 Puntos de monitoreo de la C. T .....	36
Tabla N° 4 Método y Equipo de monitoreo .....	37
Tabla N° 5 Resultados de PM10 obtenido en el punto de monitoreo .....	37
Tabla N° 6 Resultados de PM2.5 obtenido en el punto de monitoreo .....	38
Tabla N° 7 Resultados de Pb obtenido en el punto de monitoreo .....	38
Tabla N° 8 Resultados de Benceno obtenido en el punto de monitoreo .....	38
Tabla N° 9 Resultados de Hidrocarburos Totales en el punto de monitoreo .....	39
Tabla N° 10 Resultados de CO obtenido en el punto de monitoreo .....	39
Tabla N° 11 Resultados de NO2 obtenido en el punto de monitoreo .....	39
Tabla N° 12 Resultados de SO2 obtenido en el punto de monitoreo .....	40
Tabla N° 13 Resultados de H2S obtenido en el punto de monitoreo .....	40
Tabla N° 14 Resultados de O3 obtenido en el punto de monitoreo .....	40
Tabla N° 15 Datos registrados en la estación Meteorológica .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Diagrama de una central a ciclo simple .....	41
Figura N° 2 Diagrama de una central a ciclo combinado .....	42
Figura N° 3 Comparación de producción mensual de electricidad .....	42
Figura N° 4 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire .....	43
Figura N° 5 Concentraciones de PM10.....	44
Figura N° 6 Concentraciones de PM2.5 .....	44
Figura N° 7 Concentraciones de Plomo.....	45
Figura N° 8 Concentraciones de Benceno .....	45
Figura N° 9 Concentraciones de Hidrocarburos Totales .....	46
Figura N° 10 Concentración de Monóxido de Carbono .....	47
Figura N° 11 Concentración de Dióxido de Nitrógeno.....	48
Figura N° 12 Concentración de Dióxido de Azufre.....	49
Figura N° 13 Concentración de Sulfuro de Hidrógeno .....	50
Figura N° 14 Concentración de Ozono .....	51
Figura N° 15 Rosa de Viento .....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 Marco Legal.....	34
Anexo N° 2 Lista de Figuras .....	41
Anexo N° 3 Registro de Monitoreo de Gases .....	47
Anexo N° 4 Diagrama de actividades de la consultora.....	53

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

C.T	: Central Termoeléctrica
CC	: Ciclo Combinado
CS	: Ciclo Simple
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental
SEIN	: Sistema Eléctrica Interconectado
CO	: Monóxido de Carbono
NO2	: Dióxido de Nitrógeno
SO2	: Dióxido de Azufre
H2S	: Sulfuro de Hidrógeno
O3	: Ozono
HCT	: Hidrocarburos Totales
PM10	: Partículas menores a 10 micras
PM2.5	: Partículas menores a 2.5 micras

## RESUMEN

De acuerdo a las actividades antropogénicas y en el desarrollo de generación de energía eléctrica por el uso de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural ha ocasionado la contribución en los gases de efecto invernadero los mismos que producen un impacto ambiental. Las empresas del sector eléctrico e industrial a fin de poder desarrollarse tienen que tener un compromiso ambiental y social cumpliendo con las normativas aprobadas en el país, por lo que, en el presente informe se realizará el análisis de monitoreo de calidad de aire de una Central Termoeléctrica ubicada en Chilca, el mismo se desarrolló en relación al cumplimiento de los compromisos asumidos en el instrumento de gestión aprobado y el cual sirve para identificar los posibles impactos que se pueden generar al ambiente por parte de su actividad.

Los objetivos se detallan en analizar las concentraciones de material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), Plomo, Benceno, Hidrocarburos Totales y gases (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y O<sub>3</sub>) en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental.

Asimismo, para la elaboración de este informe, la metodología utilizada fue descriptiva, ya que se obtuvieron valores del monitoreo de calidad de aire realizado en los puntos establecidos en la Central Termoeléctrica.

El monitoreo de calidad de aire se realizó el 11 y 12 de diciembre del 2019 y se observó que los puntos de monitoreo (Punto 1 y Punto 2) cuentan con un estado de calidad aceptable, es así, que cumple con los límites del estándar de calidad ambiental. Se demuestra que la central termoeléctrica de acuerdo a su actividad no genera una afectación hacia la población cercana.

La recomendación es continuar con el monitoreo ambiental de acuerdo a la frecuencia asignada y los compromisos establecidos en su resolución de aprobación, a fin de garantizar a la población que no existe alguna afectación al ambiente por parte de su actividad que pueda repercutir en su salud.

**Palabras Clave: Central Termoeléctrica, Calidad de Aire, Monitoreo Ambiental.**

## **ABSTRACT**

According to anthropogenic activities and in the development of electricity generation by the use of fossil fuels such as oil, coal and natural gas, it has caused the contribution of greenhouse gases, which produce an environmental impact. In order to develop, companies in the electrical and industrial sector must have an environmental and social commitment, complying with the regulations approved in the country, therefore, in this report the air quality monitoring analysis of a Central will be carried out. Thermoelectric plant located in Chilca, it was developed in relation to the fulfillment of the commitments assumed in the approved management instrument and which serves to identify the possible impacts that may be generated on the environment by part of its activity.

The objectives are detailed in analyzing the concentrations of particulate matter (PM10 and PM2.5), Lead, Benzene, Total Hydrocarbons and gases (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S and O<sub>3</sub>) in comparison with the Environmental Quality Standards.

Likewise, for the preparation of this report, the methodology used was descriptive, since values were obtained from the air quality monitoring carried out at the points established in the Thermoelectric Power Plant.

The air quality monitoring was carried out on December 11 and 12, 2019 and it is considered that the monitoring points (Point 1 and Point 2) have an acceptable quality status, thus, that it complies with the limits of the environmental quality. It is shown that the thermoelectric power plant, according to its activity, does not affect the nearby population.

The recommendation is to continue with environmental monitoring according to the assigned frequency and the commitments established in its approval resolution, in order to guarantee the population that there is no impact on the environment by their activity that could affect their health.

**Keywords: Thermoelectric Power Plant, Air Quality, Environmental Monitoring.**

## I. INTRODUCCIÓN

El sector energético cumple un rol importante para el desarrollo de diversas actividades y se encuentra constituido por la generación de energía mediante las centrales que pueden realizar la transformación de recursos renovables o no renovables a energía eléctrica, así como, la transformación y distribución de energía a través de redes que la transportan hacia los usuarios.

En el Perú, la industria eléctrica se dio a partir de la instalación de la primera central hidroeléctrica en la ciudad de Huaraz y posteriormente la central térmica de Santa Rosa. Es así que, de acuerdo a las investigaciones realizadas por el ingeniero Santiago Antúnez de Mayolo para el aprovechamiento de los recursos hídricos del río Santa, se instaló la “Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato” y el “Complejo Hidroeléctrico del Mantaro (Antúnez de Mayolo), la cual está última es una de las principales centrales a nivel mundial.

En el año 2004, se marcó un hecho importante en la industria eléctrica con la explotación del gas natural de Camisea, el mismo que ayudo al incremento de la generación térmica, por lo que, la matriz energética se encuentra casi nivelada entre la generación hidráulica y térmica.

Cabe precisar que la central termoeléctrica Ventanilla fue la primera en operar con el gas natural de Camisea (ciclo combinado), poniendo así el gas natural la limitación en el desarrollo de las actividades hidroeléctricas. (Gamio A, Pedro, 2017, p.102).

La actividad de las centrales termoeléctricas para la generación de electricidad, a pesar de ser una necesidad básica e imprescindible, contribuye en el efecto invernadero debido a la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural).

En el presente informe se determinará la relación de la actividad eléctrica y el medio ambiente, mediante el análisis de monitoreo de calidad de aire en una Central Termoeléctrica.

Estas concentraciones de material particulado y gases fueron monitoreadas como parte del cumplimiento del compromiso contenido en el instrumento de gestión ambiental aprobado y fue realizado por Nakamura Consultores S.A.C.- División Laboratorio, el cual presta servicios ambientales desde hace más de seis años.

El desempeño que tuve en la consultora fue orientado a la elaboración de informes de monitoreo ambiental, los cuales eran solicitados por las empresas del sector industrial y eléctrico, en base al cumplimiento de los compromisos asumidos en el instrumento de gestión ambiental aprobado o también por iniciativa propia, a fin de verificarse las condiciones ambientales en la que se encontraba su actividad de producción. Además de ello también elabore Instrumentos de Gestión Ambiental como Declaración de Impacto Ambiental (DIA), Declaración de Adecuación Ambiental (DAA), Estudio de Impacto Ambiental (EIA), Planes de Cierre, Planes de Abandono de Tanques de Combustible, entre otros.

## **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:**

### **1.1.1 Problema General**

- ¿Cómo es la calidad de aire en los puntos establecidos en su programa ambiental aprobado de una central termoeléctrica?

### **1.1.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las concentraciones de gases y partículas en los puntos de monitoreo de calidad de aire aprobado en una central termoeléctrica?
- ¿De qué manera influye la actividad de una central termoeléctrica en la calidad de aire?

## **1.2 OBJETIVOS:**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Analizar el monitoreo de la calidad de aire (gases y partículas) como parte del programa de monitoreo ambiental aprobado en una Central Termoeléctrica.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la concentración de los parámetros monitoreados de calidad de aire y comparar los resultados con los Estándares Nacionales de Calidad de Aire.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes:

#### 2.1.1 Internacionales:

- La tesis: “Evaluación de la calidad de aire en el caso urbano del Municipio de Vijes- Valle del Cauca”, se realizó la evaluación de calidad de aire en el municipio de Vijes conocido como “Pueblo Blanco” denominado así, por la explotación de la cal, el objetivo fue evaluar la calidad del aire, la cual se encuentra influenciada por la emisión de material particulado (PM10, PM2.5) por las fuentes fijas y móviles. Es así que en este estudio se establecieron cuatro puntos de monitoreo de acuerdo a la delimitación del municipio, en la que se concluyó que la actividad calera emite mayor material particulado, pero según la modelación de los puntos de monitoreo se determinó que esta actividad no afecta en su totalidad al municipio. (Belalcazar y García ,2019)
- La tesis: “Control, Monitoreo y Simulación de la Calidad de Aire en la Ciudad de Guatemala”, se realizó la evaluación de la calidad de aire mediante diferentes puntos de monitoreo que fueron establecidos en la ciudad, por lo que se establecieron diferentes puntos de monitoreo que fueron ubicados en la ciudad de Guatemala, por lo que, se determinó que el material particulado PM2.5 y PM10 presentaron una mayor concentración en ciertos puntos a diferencia de SO2 y NO2 que se encuentran dentro del límite permisible. (Corado E, Kenneth, 2019)
- El trabajo de investigación: “Diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad de Ibarra del periodo 2012-2015”, se realizó el análisis de los resultados teniendo en cuenta que en la ciudad de Ibarra se instaló en el 2012 una estación de monitoreo que registra la concentración del PM10 y un año después inició con las estaciones que registran SO2, NO2, O3, partículas sedimentables y benceno. Los registros de las concentraciones se tuvieron desde el año 2012 al 2015, la misma que registró que los valores de PM10, SO2, O3, NO2 se encontraron por debajo del límite establecidos en las normativas a excepción de las partículas sedimentables que superaron. (Loachamín T, Diana, 2017)

- El trabajo de investigación: “Factores de emisión de CO, CO<sub>2</sub>, NOX y SO<sub>2</sub> para instalaciones generadoras de electricidad en Cuba”, se determinó unos factores de emisión de los gases contaminantes (CO, CO<sub>2</sub>, NOX y SO<sub>2</sub>) que se emiten a la atmósfera por la instalación de energía. Se realizó estos factores de emisión teniendo datos de las mediciones de gases de los cinco años por lo que se calcularon los factores de emisión diferentes tipos de combustible. (Meneses, Roig, Paz, Ramos, Alonso y Alvarado ,2018)
- El trabajo de investigación: “Determinación de las emisiones de dióxido de azufre en la termoeléctrica 10 de octubre”, se precisó el contaminante emitido por la central termoeléctrica que es el Dióxido de azufre, por medio de cálculos respecto al volumen del gas con el tipo de combustible y también por los valores de potencia. Es así que, la central termoeléctrica puede determinar las emisiones de gases de acuerdo a la potencia generada. (Prieto, Holanda, Benítez, Ramos y García ,2017)
- La tesis: “La producción termoeléctrica y su impacto ambiental en la zona de influencia, Guayaquil”, se determinó los efectos que ocasiona la actividad eléctrica con la población cercana. Se realizó unas encuestas a 60 familias, las mismas que en cierto porcentaje indicaron que la central emitía gases contaminantes y partículas y eso concluyen ya que presentan problemas a la salud, así como, indica que el ruido de las centrales termoeléctricas en ciertas ocasiones es intolerable. Se concluyó que a pesar de que la central cuenta con resultados de las mediciones realizadas, estos valores no son presentados a la población cercana para si fuera se tomara acciones. (Marcel Y, Oscar 2016).

### 2.1.2 Nacionales:

- La tesis “Evaluación de la calidad de aire de la central térmica de Ventanilla”, se determinará mediante el monitoreo de material particulado PM10 y PM2.5, como los gases contaminantes (CO, NO2, SO2, H2S y O3) realizado por un año. El monitoreo se dio por 24 horas, pero la duración de cada uno de los parámetros es diferentes ya que partículas (PM10 y PM2.5) y SO2 se dan por 24 horas, el monóxido de carbono y ozono por 8 horas y el dióxido de nitrógeno una hora. La concentración de estos parámetros se encontró por debajo del límite establecido en los estándares de calidad ambiental. (Guzman V, Jhosthins, 2019)
- La tesis “Impactos Ambientales del Dióxido de Azufre y Material Particulado (PM2.5) sobre la calidad del aire. Chimbote, 2014-2016”, se realizó la estimación de los impactos generados por los contaminantes gracias a la recolección de datos de las nueve estaciones por la Municipalidad de la Provincia del Santa. Las concentraciones registradas del SO2 y PM, presentan por encima del límite establecido en la normativa, por lo que se puede indicar que existe impacto a la calidad de aire por estos parámetros. (Custodio L, Pedro, 2018)
- En el trabajo de suficiencia profesional “Determinación de la dispersión geográfica de los gases NOx, CO, SO2 y partículas (PM10) emitidos por una central térmica aplicando el modelo AERMOD”, se determinará la concentración de los gases contaminantes y partículas que son emitidas por la actividad eléctrica. Se realizó un modelamiento de dispersión teniendo en cuenta el análisis meteorológico de la zona, de la misma manera se realizó el monitoreo de emisiones en la turbina de la central térmica. Se concluye que la simulación realizada por el software AERMOD, mostro los niveles de concentración de los gases (NOx, CO, SO2 y PM10) emitidas por la chimenea de la central térmica, la cual no sobrepasaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire, establecidos en el D.S N° 003-2017-MINAM. (Espinoza C, Cristhian, 2018)

- En la tesis “Estimación del Impacto sobre la salud humana ocasionado por el desarrollo del Polo Energético de Chilca”, se realizó el inventario del material particulado y gases (PM10, CO, NOX y SO2) que son emitidas por las centrales térmicas, el parque automotor y la fundición Chilca. Se determinó que, la concentración de los contaminantes se encuentra dentro de los límites establecidos en los Estándares de calidad ambiental, sin embargo, a pesar de que las centrales térmicas del Polo Energético son las principales actividades que emiten NOX, este gas contaminante no contribuye a un impacto hacia a la población cercana (Ferrer F, Bill ,2018)
- La tesis “Contaminación Atmosférica con material particulado en la ciudad del Cusco y su comportamiento 2016”, se realizó el monitoreo en tres estaciones de material particulado (PM10) y los metales de este, para determinar la incidencia a la población. Los resultados de la concentración registraron menor al límite establecido en los estándares de calidad ambiental, caso contrario, a los metales pesados (Plomo, Arsénico y Hierro) que se observó presencia de estos, ya que son productos de la combustión. (Vara L, María, 2017)
- La tesis “Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (PM10, PM2.5) para la gestión de la calidad del aire 2017 en la ciudad de Tacna”, se realizó la muestra en ocho estaciones, por medio de cuatro meses, teniendo así una mejor recopilación de datos. Se determinó que la concentración de partículas sedimentables presenta valores por encima de lo establecido en la OMS y los valores de PM10 y PM2.5 también sobrepasaron ligeramente los límites de la OMS. (Miranda y Merma, 2017)

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 La electricidad en el Perú**

El servicio de la producción de electricidad se dio inició a partir de los años 80 con la llegada del alumbrado público en el centro de Lima, el cual se distribuyó a viviendas cercanas, así como, la instalación de la central hidroeléctrica (Huaraz).

Asimismo, se contaba con empresas estatales como Electro Perú y Electro Lima, los cuales se encargaban de dar servicio de electricidad, pero cerca a los 90, el sistema eléctrico sufrió una crisis que conllevaron a que se cree el desempleo y por lo tanto la baja en venta se dio debido a que las familias que se les brindaba el servicio no tenían ingresos. (Reyes E, Raúl, 2016)

Es así que en el año 1992 se establece la Ley N° 25844 (Ley de Concesiones Eléctricas), que establece la división de las actividades del sector entre generación, transmisión, distribución y comercialización. Esta ley permitió la creación del "OSINERGMIN" la cual es un organismo regulador y encargado de verificar el debido cumplimiento de la normativa del sector. (Romero C, Racso, 2020)

La industria eléctrica tuvo un hecho importante por la entrada de gas de Camisea (2004), la cual ayudo al incremento de actividades térmicas y la primera en realizar el cambio de ciclo a simple a combinado utilizando este combustible fue la Central Térmica de Ventanilla. Asimismo, se creó el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

En el 2014 se estableció el uso de energías renovables con la central eólica de Marcona en la que instalaron 62 aerogeneradores. Actualmente se encuentran proyectos de electricidad rural, así como, el país cuenta con generación de electricidad a partir de la Central Solar, Eólica, Geotérmica, etc.)

## **2.2.2 Centrales de Generación Térmica a Nivel Mundial**

Las centrales térmicas alrededor del mundo se instalaron con diferente capacidad y tipo de combustible. Por lo que en la tabla N° 2 se detalla desde la central térmica de mayor capacidad hasta la menor.

## **2.2.3 La industria de Gas Natural en Perú**

La incorporación del proyecto Camisea, se realizó con el objetivo de poder tener un beneficio económico en el país y porque al ser un combustible considerado como energía limpia se logra la reducción de CO<sub>2</sub>.

La explotación de Camisea se realizó en el yacimiento de Aguaytía el cual se encuentra ubicado en la Selva y también en una parte de la costa, se podría indicar que gracias a ello la producción eléctrica creció notablemente en el país. (Contreras y Sigüenza, 2019)

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 Central Termoeléctrica**

Es aquella instalación que genera y produce energía eléctrica mediante la combustión de combustibles fósiles como el carbón, petróleo o gas natural. (Díaz E, Ernesto, p.4)

#### ➤ Centrales Termoeléctricas convencionales

Son aquellas que producen energía almacenada de combustibles fósiles y la cual es no renovable. Estas centrales se encuentran instaladas en todo el mundo ya que son considerados como económicas y rentables. (Gonzales y Montoya, 2018, p.32)

- Central Termoeléctrica de ciclo simple: Es una central que utiliza como combustible gas natural o diésel, los que a su vez se queman en una caldera para el calentamiento de agua y pronta evaporación. El vapor mueve las palas de la turbina que transmite a un generador y por medio del eje lo transforma en energía eléctrica. (Camino, Kaneku y Obregón, 2019, p.23) (ver figura N° 1)

- Central Termoeléctrica de ciclo combinado: En esta central, tiene la misma función que la de ciclo simple a diferencia de que los gases de combustión antes de ser emitidos por la turbina pasan por un caldero, para calentar el agua y convertirlo a vapor que pasa a una turbina que se transmite a un generador. Este proceso, convierte la energía transmitida por turbinas en eléctrica. (ver figura N° 2)

En este tipo de centrales se implica los ciclos Brayton y Rankine, los cuales se utilizan para turbina a gas y vapor respectivamente. Estos dos ciclos se unen para formar un ciclo combinado eficaz. (Gordillo A, Carlos A, 2015, p.31).

➤ **Centrales Termoeléctricas no convencionales**

Son aquellas que producen energía de fuentes renovables como biomasa, biogás, solar, eólico o geotérmico. Estas centrales son de menor tamaño, pero beneficios para el medio ambiente.

### **2.3.2 Sistema Eléctrica Interconectado (SEIN)**

Es un conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas conectadas entre sí y cuentan con centros de despacho que permiten la transferencia de energía eléctrica entre los sistemas de generación interconectadas del Perú. (Bringas y Rodríguez, 2019, p.29)

### **2.3.3 Matriz energética peruana**

Los recursos de energía que son utilizados para la generación de electricidad en el Perú son la energía hidráulica, gas natural, energía solar, energía eólica, biomasa, entre otras. Las más sobresalientes son la energía hidroeléctrica y la de gas natural.

La producción de energía eléctrica de las empresas generadoras en el mes de diciembre 2019 fue de 4591.22 GWh, lo que representa un incremento de 95.14 GWh (2.12%) en comparación con el año 2018. (ver figura N° 3)

### 2.3.4 Contaminación del aire

Se considera como la mezcla de partículas y gases en el aire. La emisión de estos contaminantes se genera por las actividades de las empresas industriales, el uso de vehículos, etc. La formación del Ozono más conocido como smog es el principal componente de la contaminación. (Quispe B, Luis, 2018, p.44)

Los contaminantes que se producen son los siguientes:

- a) **Partículas (PM):** Consisten en una mezcla de partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el aire: de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. En ella se encuentra las partículas de diámetro de 10 micrones (PM10) y las partículas de diámetro de 2.5 micrones las cuales son muy dañinas para la salud (Prieto Z, Oscar, 2016, p.37)
- b) **Monóxido de Carbono (CO):** Gas incoloro e inodoro que se origina por la oxidación incompleta en el proceso de combustión. Se genera en mayor número por el parque automotor ya que en las industrias o central térmica se determina que la oxidación sea completa dando así paso al CO<sub>2</sub>. (Arenas P, Jonathan, 2017, p.28)
- c) **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>):** Gas incoloro con un olor penetrante que se genera con la quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo) y de forma natural en los volcanes. Asimismo, este gas colabora en la formación de la lluvia ácida. (Inga F, Fresia, 2017, p.16)
- d) **Óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>):** Gas que se origina por la combustión de combustible fósiles, en las que destaca el uso de carbón, vehículos y procesos de fertilizantes. También se debe tener en cuenta que el NO<sub>2</sub> proviene de la oxidación del NO e interviene en la formación del smog. (Córdova P, Jhon, 2019, p.39)
- e) **Ozono (O<sub>3</sub>):** Gas que se considera como uno de los componentes principales del aire, así como un contaminante. (Calsin T, Maritza, 2019, p.27)

Gas que se origina de otros contaminantes (NO<sub>x</sub> y COV) y tiene la función de actuar como filtro de la radiación (UVB), sin embargo, la presencia de este gas en la tropósfera por ser altamente oxidante puede ocasionar daños a la salud y vegetación.

**f) Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S):** Gas inflamable, de olor putrefaciente e incoloro. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011, citado por Diaz S, Jose, 2019, p.24). Se genera de forma natural en el petróleo crudo y gas natural, también por la materia orgánica en descomposición.

### **2.3.5 Monitoreo Ambiental**

Es una herramienta básica para realizar la evaluación de impactos ambientales generados por actividades antropogénicas. El monitoreo debe ser realizada bajo los lineamientos de los ministerios o autoridades ambientales. (Loza A, Gregory, 2018, p.35)

**a) Equipo de muestra de aire de Alto Volumen (Hivol):** En este equipo se puede determinar las partículas menores a 10 micras, la cual se encuentra compuesta por una porta filtro de plástico, una cubierta de aluminio y un ventilador, por donde se realiza la función de succión y programador de tiempo.

**b) Equipo de muestra de aire de Bajo Volumen (Low Vol):** Este equipo se determina el muestreo de material particulado menor a 2.5 micras y está conformado por 03 sensores (flujo de masa, temperatura ambiental y presión atmosférica).

**c) Analizador de Gases:** Se utiliza para medición de gases desde la fuente emisora y se mide por infrarrojo no dispersivo, que cumple la precisión de las normas internacionales.

**d) Estación Meteorológica:** Es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicción meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos.

### **2.3.6 Estándar de Calidad Ambiental (ECA)**

Medida que establece que el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua o suelo, en sus condiciones de cuerpos receptores, no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

### **III. METODOLOGÍA**

El presente informe se realiza dentro de las actividades de Nakamura Consultores S.A.C, que es la elaboración de informes ambientales de acuerdo al programa de monitoreo ambiental aprobado y la cual vine desarrollando más de tres años laborando en dicha empresa.

Para realizar esta actividad se considera principalmente la recepción de la orden de servicio por parte del área Comercial, la cual se constará los puntos de monitoreo ambiental registrados. Por consiguiente, esta orden es derivada al área de División Laboratorio para la ejecución del monitoreo, luego de ello el reporte de monitoreo y los resultados de este por medio del informe de ensayo son derivados al área de División Consultoría y se ingresa los datos al informe de monitoreo ambiental, los cuales son comparados con los límites establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental.

El monitoreo de calidad de aire para la central termoeléctrica ubicado en Chilca fue realizado en los puntos ya definidos en su programa de monitoreo aprobado en su instrumento de gestión ambiental. (ver tabla N° 3 y figura N° 4)

Los parámetros considerados en el monitoreo son: PM10, PM2.5, Plomo, Benceno, Hidrocarburos Totales y Gases (CO, NO2, SO2, H2S y O3).

#### **3.1 Metodología del Informe**

Se determinó por el método del análisis para poder realizar una identificación de los posibles contaminantes que genera la central termoeléctrica.

#### **3.2 Recolección de Datos**

##### **a) Técnicas de recolección de datos**

Para el recojo de datos o toma de muestra del monitoreo lo realizó la División laboratorio el cual presenta los métodos en la tabla N° 4.

##### **b) Instrumentos**

Para recolectar los datos del monitoreo se utilizó lo siguiente:

- Formatos de campo en la que se registraron datos del monitoreo
- Apuntes de observaciones respecto a lo observado en campo
- Registros fotográficos

### **3.3 Procedimiento**

La metodología de muestreo se cumplió con el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire registrado por DIGESA.

#### **3.3.1 Muestreador de Material Particulado Alto Volumen (Hivol):**

Este muestreador de PM10, registra el volumen de aire en proporción del flujo constante por medio de la entrada de un dispositivo de partículas, este separa por tamaño y por lo que son transportadas al filtro donde se recolectan por 24 horas.

La concentración se determina como la masa de las partículas (peso inicial y final) entre el volumen de aire en las unidades microgramos por metro cúbico.

#### **3.3.2 Muestreador de Material Particulado Bajo Volumen (Low vol):**

Este muestreador de PM2.5, es aquel que registra el aire del medio con la velocidad del flujo volumétrico por medio de la entrada que se encuentra diseñada para retirar partículas menores o igual a 10  $\mu\text{m}$ . La concentración se determinada de la misma manera que el Hivol.

#### **3.3.3 Analizador de Gases**

Es un equipo que se encarga del muestreo de gases utilizando el método de absorción. Los gases se determinan de diferentes métodos como el Dióxido de nitrógeno (Quimioluminiscencia), Monóxido de carbono (Infrarrojo no dispersivo), Ozono (Fotometría de absorción ultravioleta), Dióxido de Azufre y Sufuro de Hidrógeno (Fluorescencia ultravioleta).

#### **3.3.4 Sensores Meteorológicos**

Es un dispositivo por el cual se recibe información respecto a la magnitud meteorológica, Y se registra los valores de temperatura, humedad relativa, dirección del viento, velocidad del viento, presión atmosférica y radiación solar.

Asimismo, se indica que el presente informe cumple con los principios éticos dado que, de acuerdo a la experiencia adquirida se desarrolló de manera transparente el análisis de los resultados del monitoreo.

## **IV. RESULTADOS**

El monitoreo de calidad de aire en una central termoeléctrica fue realizado el 11 y 12 de diciembre del 2019 y fueron comparados con el Estándar de Calidad Ambiental establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM y para la comparación del parámetro de Hidrocarburos Totales se consideró tomar como referencia la comparación del resultado con el límite establecido en el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. Estos puntos de monitoreo se encuentran determinados en su instrumento de gestión ambiental aprobado.

### **4.1 Material Particulado menor a 10 micras (PM10)**

Según la tabla N° 5, las concentraciones de partículas menores a 10 micras (PM10) obtenida en la estación Punto 1 fue de 26.20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que la concentración en la estación Punto 2 fue de 30.30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones en ambas estaciones se encontraron por debajo del límite de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N° 5)

### **4.2 Material Particulado menor a 2.5 micras (PM2.5)**

Según la tabla N° 6, las concentraciones de partículas menores a 2.5 micras (PM2.5) obtenida en la estación Punto 1 fue de 9.70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que la concentración en la estación Punto 2 fue de 12.10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones en ambas estaciones se encontraron por debajo del límite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N° 6)

### **4.3 Plomo (Pb)**

Según la tabla N° 7, las concentraciones de plomo en la estación Punto 1 y Punto 2 fue menor a 0.01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estos valores se encuentran dentro del límite de 1.50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N° 7)

Estos valores registraron menor al límite de detección del laboratorio.

Se determina por los resultados de monitoreo de la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

#### **4.4 Benceno**

Según la tabla N° 8, las concentraciones de benceno en la estación Punto 1 y Punto 2 fue menor a 0.07 ug/m<sup>3</sup>. Estos valores se encuentran dentro del límite de 2.00 ug/m<sup>3</sup>. establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N° 8)

Estos valores registraron menor al límite detección del laboratorio.

Se determina por los resultados de monitoreo que la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

#### **4.5 Hidrocarburos Totales**

Según la tabla N° 9, las concentraciones de hidrocarburos totales en la estación Punto 1 y Punto 2 fue menor a 0.0035 mg/m<sup>3</sup>. Este valor se encuentra dentro del límite de 100.00 mg/m<sup>3</sup> establecido en el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. (ver figura N° 9)

Estos valores registraron menor al límite detección del laboratorio.

Se determina por los resultados de monitoreo que la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

#### **4.6 Monóxido de Carbono (CO)**

Según la tabla N° 10, la concentración de Monóxido de Carbono (CO) registrados en los puntos de monitoreo, se tuvo promedio de 123.87 ug/m<sup>3</sup> para el Punto 1 y 135.74 ug/m<sup>3</sup> para el Punto 2, ambos valores se encuentran dentro del límite establecido para 1 y 8 horas; de 30,000.00 ug/m<sup>3</sup> y 10,000.00 ug/m<sup>3</sup>, según el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N° 10)

Se determina por los resultados de monitoreo que la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

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

Según la tabla N° 11, las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), medidos en los puntos de monitoreo fue de 9.26 ug/m<sup>3</sup> para el Punto 1 y 7.75 ug/m<sup>3</sup> para el Punto 2. Estos valores se encontraron por debajo del límite de 200 ug/m<sup>3</sup> registrado (ver figura N° 11)

Se determina por los resultados de monitoreo que la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

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

Según la tabla N° 12, las concentraciones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) registrado en la estación Punto 1 fue de 13.24 ug/m<sup>3</sup> y para el Punto 2 fue de 15.10 ug/m<sup>3</sup>.

Estos valores se encuentran dentro del límite para 1 hora de 250.00 ug/m<sup>3</sup>; según los estándares de calidad ambiental para aire establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N° 12)

Se determina por los resultados de monitoreo que la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

#### **4.9 Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)**

Según la tabla N° 13, las concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) registrado en la estación Punto 1 fue de 2.73 ug/m<sup>3</sup> para el Punto 1 y el Punto 2 fue de 2.76 ug/m<sup>3</sup>. Estos valores se encuentran dentro del límite de 150.00 ug/m<sup>3</sup>, establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N°13)

Se determina por los resultados de monitoreo que la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

#### **4.10 Ozono (O3)**

Según la tabla N° 14, las concentraciones de Ozono (O3) registrado en la estación Punto 1 fue de 9.67 ug/m3 y 9.64 ug/m3 para el Punto 2.

Estos valores se encuentran dentro del límite de 100.00 ug/m3 establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. (ver figura N° 14)

Se determina por los resultados de monitoreo que la C.T no tiene influencia significativa sobre la alteración de la calidad de aire de la zona.

#### **4.11 Parámetros Meteorológicos**

En la tabla N° 15 se presentan los parámetros meteorológicos analizados: temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad de viento y dirección del viento de la zona. (ver figura N° 15)

La temperatura ambiental registró valores que oscilaron entre 19.4°C y 22.3°C.

La humedad relativa registró valores que oscilaron 75% y 95%.

La velocidad de viento registró valores que oscilaron entre 0.0 m/s y 2.7 m/s.

La dirección de viento registró viento predominante registró viento predominante Suroeste (SW).

## V. CONCLUSIONES

1.- Las concentraciones obtenidas respecto al monitoreo de calidad de aire realizado en la zona de influencia de una Central Termoeléctrica de acuerdo a los puntos definidos en su instrumento de gestión ambiental aprobado se encuentran dentro de los límites de los estándares de calidad ambiental del aire, establecido en el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM y Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM para la comparación de resultados en Sulfuro de Hidrógeno.

2.-La Central Termoeléctrica (C.T) registra una calidad de aire aceptable ya que los valores de material particulado (PM10, PM2.5), benceno, hidrocarburos, plomo y gases (CO, NO2, SO2, H2S, O3) obtenidos cumplen con los lineamientos normativos de calidad de aire, motivo por el cual sus actividades de generación de electricidad utilizando como combustible gas natural no infieren en un impacto significativo hacia su área de influencia (población cercana).

## **VI. RECOMENDACIONES**

1.- Seguir cumpliendo con los monitoreos ambientales, tal como lo establece en su instrumento de gestión ambiental aprobado, la misma que ayudaran en los parámetros de calidad de aire a indicar la concentración de los contaminantes presentes en el aire y poder evaluar el impacto que se pueda generar de la actividad de la central termoeléctrica sobre la calidad de aire de la zona.

2.- Continuar con los programas comunitarios referidos a las campañas de salud, lo que permitirá monitorear el estado de salud de la población cercana y corroborar que no exista alguna afectación debido a la calidad de aire que puedan ocasionar enfermedades relacionadas a ello.

3.- Realizar un estadístico respecto a los resultados de monitoreo trimestral en calidad de aire, lo que permitirá realizar actividades de seguimiento y control oportuno a la concentración de contaminantes monitoreados por la empresa, con el fin de evaluar la implicancia de las operaciones de la empresa sobre los mismos, e identificar, de ser el caso, otras fuentes de generación de contaminantes que pudiesen influir sobre los resultados que se obtengan.

## REFERENCIAS

- 1.- AITA, Pedro Gamio. Energía: Un cambio necesario en el Perú. Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente, 2017, no 1, p. 93-135.
- 2.- BELALCÁZAR FRANCO, María Camila, et al. *Evaluación de la calidad del aire en el casco urbano del municipio de Vijes–Valle del Cauca*. 2020. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Occidente.
- 3.- CORADO ESQUIVEL, Kenneth Lubeck. *Control, monitoreo y simulación de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala*. 2019. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 4.- LOACHAMÍN TIPÁN, Diana Consuelo. *Diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad de Ibarra del periodo 2012-2015*. 2017. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE.
- 5.- MENESES-RUIZ, Elieza, et al. Factores de emisión de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> para instalaciones generadoras de electricidad en Cuba. Revista Cubana de Meteorología, 2018, vol. 24, no 1, p. 1-9.
- 6.- MONTENEGRO, Fernando Prieto, et al. Determinación de las emisiones de dióxido de azufre en la termoeléctrica “10 de octubre”.
- 7.- MARCEL YANCE, Oscar Wilson. La producción termoeléctrica y su impacto ambiental en la zona de influencia, Guayaquil. 2016. Tesis de Maestría. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Económicas.
- 8.- GUZMAN VASQUEZ, Jhosthins Jonathan Yuri. Evaluación de la calidad del aire de la central térmica de ventanilla. 2019.
- 9.- LAIZA, Custodio; AMILCAR, Pedro. Impactos ambientales del dióxido de azufre y material particulado (PM<sub>2.5</sub>), sobre la calidad del aire. Chimbote, 2014-2016”. 2018.
- 10.- ESPINOZA CRUZ, Cristhian Jose. Determinación De La Dispersión Geográfica De Los Gases NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub> Y Partículas (PM<sub>10</sub>), Emitidos Por Una Central Térmica Aplicando El Modelo AERMOD. 2018.
- 11.- FERRER FABIÁN, Bill Martín. Estimación del impacto sobre la salud humana ocasionado por el desarrollo del polo energético de Chilca. 2018.

- 12.- VARA LICONA, María Exaltación. Contaminación atmosférica con material particulado en la Ciudad del Cusco-y su comportamiento–2016. 2017.
- 13.- MIRANDA CASAPIA, Jeissy Lady Shalom; MERMA ARUHUANCA, Lizbeth. Evaluación de la concentración de polvo atmosférico sedimentable y material particulado (pm2. 5, pm10) para la gestión de la calidad del aire 2017 en la ciudad de Tacna. 2017.
- 14.- REYES, Raúl Pérez. *Medición de la eficiencia y la productividad en la distribución de electricidad en Perú: 1996-2014*. 2016. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- 15.- ROMERO CAVERO, Racso Patricio. Estudio del mercado eléctrico peruano. 2020.
- 16.- CONTRERAS SOLANO, Juan Antonio; SIGUENZA TORRES HONORES, Sandra Jahayra. Planificación estratégica de abastecimiento de gas natural en construedes SAC, en la ciudad trujillo. 2019.
- 17.- DÍAZ ESPINOSA, Ernesto. *Evaluación de la eficiencia térmica del ciclo tecnológico de la Central Termoeléctrica Lidio Ramón Pérez*. 2017. Tesis Doctoral. Departamento de Mecánica.
- 18.- GONZALES VILCA, Dennis Jesus; MONTOYA TANABE, Alonso Jesus. Análisis teórico de energía de fusión, alternativa sustentable para la demanda eléctrica 2018 a 2026-Perú. 2018.
- 19.- CAMINO FLORES, Paúl; KANEKU ALAKAWA, Daniel Alejandro; OBREGÓN CHIU, Gabriela. Planeamiento estratégico de la empresa Enel Generación Perú SAA para los años 2018-2023. 2019.
- 20.- GORDILLO ANDIA, Carlos Alberto. Análisis termodinámico de una Central Termoeléctrica de ciclo combinado Gas-Vapor con el Programa EES. 2019.
- 21.- BRINGAS CABALLERO, Anderson Enrique; RODRIGUEZ SORIA, David Jesus. Efecto de la interconexión regional Perú-Ecuador en el sistema de generación de energía eléctrica del Perú. 2019.
- 22.- QUISPE BERROCAL, Luis Angel. Evaluación del monitoreo de la calidad de aire en la ciudad de Cajamarca como una medida de diagnóstico y control del nivel de contaminación de la zona-2017. 2018.

- 23.- PRIETO ZAMBRANO, Oscar. Caracterización de material particulado, plomo y arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de Islay-Matarani. 2016.
- 24.- ARENAS PACHECO, Jonathan. Determinación del material particulado pm10 y pm 2.5, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en el Distrito Yura–Arequipa. 2017.
- 25.- INGA FERNÁNDEZ, Fresia Milagros. Niveles de dióxido de azufre (so2) en el aire de la ciudad de tingo maría comparando dos métodos modificados. 2017.
- 26.- CÓRDOVA PEÑA, Jhon Misael. Índice de la calidad de aire de combustión del monóxido de carbono y dióxido de azufre del flujo vehicular en Pariachi y Huaycan. 2019.
- 27.- CALSIN TURPO, Maritza. Determinación de los agentes contaminantes en la calidad ambiental del aire generados por la quema de las ladrilleras artesanales en la Comunidad de Esquen Tariachi-Juliaca 2017. 2020.
- 28.- DIAZ SAAVEDRA, José Gerson. Niveles de Concentración De PM10, NO2, SO2, H2S, CO y Variables Meteorológicas en la Zona Industrial de Villa El Salvador. 2019.
- 29.- LOZA ACEVEDO, Gregory Jim. Monitoreo de calidad de aire en la planta de fraccionamiento de líquidos de gas natural, Pluspetrol (Pisco), realizado por Inspectorate Services Perú SAC. 2018.

# DECLARACIÓN JURADA

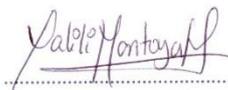
## DECLARACIÓN JURADA

Yo Yalili Yanire Montoya Huaman, identificado con DNI 46588757, Bachiller en Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que la empresa Nakamura Consultores S.A.C, autorizó el uso de datos para el trabajo de suficiencia profesional, "ANÁLISIS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE ACUERDO AL PROGRAMA AMBIENTAL APROBADO PARA UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA".

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

04 de diciembre del 2020

Atentamente,



FIRMA  
DNI: 46588757

### CARTA DE AUTORIZACIÓN

Por el presente documento se autoriza a la Srta. MONTOYA HUAMAN YALILI identificada con **DNI Nro. 46588757**, a utilizar la información obtenida de la empresa **NAKAMURA CONSULTORES S.A.C** para realizar el trabajo de suficiencia profesional "ANÁLISIS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE DE ACUERDO AL PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL APROBADO EN UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA" para la obtención de Título Profesional de Ingeniería Ambiental en la Universidad Cesar Vallejo.

Dicha información solo se utilizara para los fines indicados en el párrafo anterior, cualquier desviación a lo solicitado será bajo la responsabilidad de la solicitante, la empresa se reserva el derecho de iniciar las acciones legales correspondientes en caso de incumplimiento.

Lima, 04 de diciembre 2020



---

Diana Carolina Lazaro F.

Responsable de Recursos Humanos

## **ANEXOS**

### **ANEXO N°1: MARCO LEGAL**

#### **2.6.1 La Constitución Política del Perú:**

En esta norma se establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. **(art. 2, inciso 22, 1993)**

#### **2.6.2 Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)**

Se establece que la vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental. **(art. 33)**

#### **2.6.3 Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley N° 27446)**

Es un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión.

#### **2.6.4 Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad Ambiental del Aire**

Este protocolo nacional define los criterios para el diseño de las redes o estaciones de monitoreo, con la finalidad de asegurar el desarrollo de operaciones eficaces y eficientes, basadas en una planificación previa sustentada en aspectos técnicos. Asimismo, se determinan los métodos que resultan aplicables para el monitoreo de la calidad del aire, así como aquellos aspectos que deben ser considerados al momento de su aplicación.

**Tabla N° 1 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire**

Parámetro	Periodo	Valor <sup>(1)</sup>	Forma del Estándar Unidades	Formato	Método de Análisis
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Anual	<b>80<sup>(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	<b>20<sup>(2)</sup></b>	µg/m <sup>3</sup>	NE más de 1 vez al año	
	24 horas	<b>250<sup>(3)</sup></b>	µg/m <sup>3</sup>	NE más de 7 vez al año	
Partículas PM <sub>10</sub>	Anual	<b>50<sup>(1)(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	Media aritmética anual	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	<b>150<sup>(1)</sup></b>	µg/m <sup>3</sup>	NE más de 3 veces al año	
	24 horas	<b>100<sup>(3)</sup></b>	µg/m <sup>3</sup>	NE más de 7 vez al año	
Partículas PM <sub>2.5</sub>	24 horas	<b>25<sup>(2)</sup></b>	µg/m <sup>3</sup>	Media aritmética	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	<b>50<sup>(3)</sup></b>	µg/m <sup>3</sup>	NE más de 7 vez al año	
Plomo	Mensual	<b>1.50<sup>(1)(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	NE más de 4 veces/año	Método para PM10 (espectrofotometría de absorción atómica)
Benceno	Anual	<b>2.00<sup>(2)(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	Media Aritmética	Cromatografía de gases
Hidrocarburos Totales	24 horas	<b>100<sup>(2)</sup></b>	mg/sm <sup>3</sup>	Media Aritmética	Ionización de la llama de Hidrogeno
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	<b>1000<sup>(1)(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	<b>3000<sup>(1)(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	NE más de 1 vez al año	
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Anual	<b>100<sup>(1)(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	Media aritmética anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
	1 hora	<b>200<sup>(1)(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	NE más de 24 veces al año	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	<b>150<sup>(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	<b>120<sup>(1)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	NE más de 24 veces al año	Fotometría UV (Método automático)
	8 horas	<b>100<sup>(3)</sup></b>	µg/sm <sup>3</sup>	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría UV (Método automático)

<sup>(1)</sup> Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire D.S. N° 074-2001-PCM.

<sup>(2)</sup> Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire D.S. N° 003-2008-MINAM.

<sup>(3)</sup> Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire D.S. N° 003-2017-MINAM.

NE: significa no exceder.

## ANEXO N°1: LISTADO DE TABLAS

### Tabla N° 2. Centrales Térmicas en el mundo

N°	Central	País	Recurso	Capacidad (MW)	Inicio de operación
1	Shoaiba	Arabia Saudita	Fuel oil	5600	2001
2	Surgut-2	Rusia	Gas natural	5597	1972
3	Taichung	Taiwán	Carbón	5500	1991
4	Belchatów	Polonia	Carbón	5420	1984
5	Tuoketuo	China	Carbón	5400	1995
6	Kallpa	Perú	Gas natural	979	2007

Fuente: Osinergmin,2015

### Tabla N° 3. Puntos de monitoreo de una C.T

Punto de Monitoreo	Coordenadas		Descripción
	Norte	Este	
Punto 1	8615902	312116	Estación San José
Punto 2	8619154	311992	Estación 15 de enero

**Tabla N° 4. Método y Equipo de monitoreo**

Parámetro	Método de Referencia	Equipo utilizado
PM10	NTP 900.030:2003	Muestrador Alto Volumen
PM2.5	EPA Method 50. Appendix L	Muestrador Bajo Volumen
CO	NTP 900.31	
NO, NO2, NOX	NTP 900.33	
O3	NTP 900.034	Analizador de Gases
SO2	NTP ISO 10498	
H2S	NTP ISO 10498	
Plomo	NTP 900.030:2003	Filtro de PM10
Benceno	ASTM D 3687	Bomba de succión
Hidrocarburos Totales	ASTM D 3687-19	Bomba de succión
Meteorología	Organización Meteorológica Mundial N° 008	Estación portátil implementado por sensores y registradores

**Tabla N° 5. Resultados de PM<sub>10</sub> obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración ( ug/m3)
Punto 1	11 al	26.20
Punto 2	12/12/2019	30.30
<b>Estándar de Calidad del Aire (ECA) D.S. N° 003-2017-MINAM</b>		<b>100.00</b>

**Tabla N° 6. Resultados de PM<sub>2.5</sub> obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)
Punto 1	11 al	9.70
Punto 2	12/12/2019	12.10
<b>Estándar de Calidad del Aire (ECA) D.S. N° 003-2017-MINAM</b>		<b>50.00</b>

**Tabla N° 7. Resultados de Pb obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)
Punto 1	11 al	<0.01
Punto 2	12/12/2019	<0.01
<b>Estándar de Calidad del Aire (ECA) D.S. N° 003-2017-MINAM</b>		<b>1.50</b>

**Tabla N° 8. Resultados de Benceno obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)
Punto 1	11 al	<0.07
Punto 2	12/12/2019	<0.07
<b>Estándar de Calidad del Aire (ECA) D.S. N° 003-2017-MINAM</b>		<b>2.00</b>

**Tabla N° 9. Resultados de Hidrocarburos Totales obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (mg/m3)
Punto 1	11 al	<0.0035
Punto 2	12/12/2019	<0.0035
<b>Estándar de Calidad del Aire (ECA) D.S. N° 003-2008-MINAM</b>		<b>100.00</b>

**Tabla N° 10. Resultados de CO obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)		
		Mínimo Horario	Máximo Horario	Máximo Promedio (8 horas)
Punto 1	11 al	75.08	158.61	123.87
Punto 2	12/12/2019	80.04	175.38	135.74
<b>Estándar de Calidad del Aire- ECA (1 y 8 horas) D.S. N° 003-2017-MINAM</b>		<b>30,000.00</b>		<b>10,000.00</b>

**Tabla N° 11. Resultados de NO2 obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)		
		Mínimo Horario	Máximo Horario	Promedio Horario
Punto 1	11 al	4.08	15.57	9.26
Punto 2	12/12/2019	3.42	18.60	7.75
<b>Estándar de Calidad del Aire- ECA (1 hora) D.S. N° 003-2017-MINAM</b>			<b>200.00</b>	

**Tabla N° 12. Resultados de SO2 obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)		
		Mínimo Horario	Máximo Horario	Promedio Horario
Punto 1	11 al	11.79	15.59	13.24
Punto 2	12/12/2019	13.46	17.72	15.10
<b>Estándar de Calidad del Aire- ECA (1 hora)</b> <b>D.S. N° 003-2017-MINAM</b>			<b>250.00</b>	

**Tabla N° 13. Resultados de H2S obtenido en el punto de monitoreo**

Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)		
		Mínimo Horario	Máximo Horario	Promedio Horario
Punto 1	11 al	2.00	5.16	2.73
Punto 2	12/12/2019	2.00	5.30	2.76
<b>Estándar de Calidad del Aire (ECA)</b> <b>D.S. N° 003-2017-MINAM</b>			<b>150.00</b>	

**Tabla N° 14. Resultados de O3 obtenido en el punto de monitoreo**

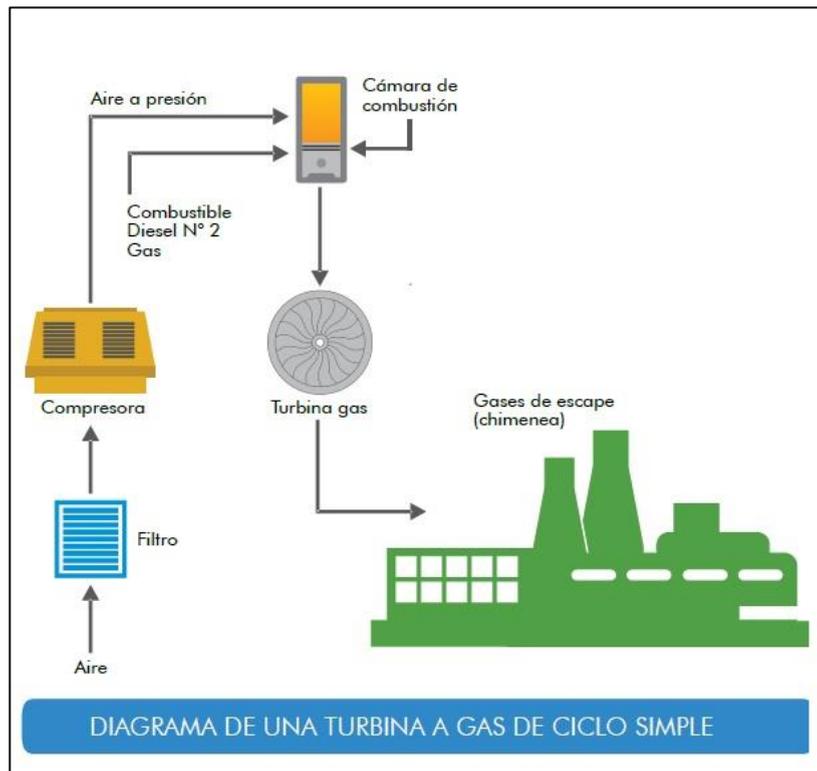
Estación de Monitoreo	Fecha de Muestreo	Concentración (ug/m3)		
		Mínimo Horario	Máximo Horario	Promedio Horario
Punto 1	11 al	5.53	22.44	9.67
Punto 2	12/12/2019	4.72	24.81	9.64
<b>Estándar de Calidad del Aire (ECA)</b> <b>D.S. N° 003-2017-MINAM</b>			<b>100.00</b>	

**Tabla N° 15. Datos registrados en la estación Meteorológica**

Fecha	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Velocidad del Viento (m/s)			Dirección del Viento
	MÍN	PROM	MÁX	MÍN	PROM	MÁX	MÍN	PROM	MÁX	PROM
11 al 12/12/2019	19.4	20.8	22.3	75	86	95	0.0	1.0	2.7	SW

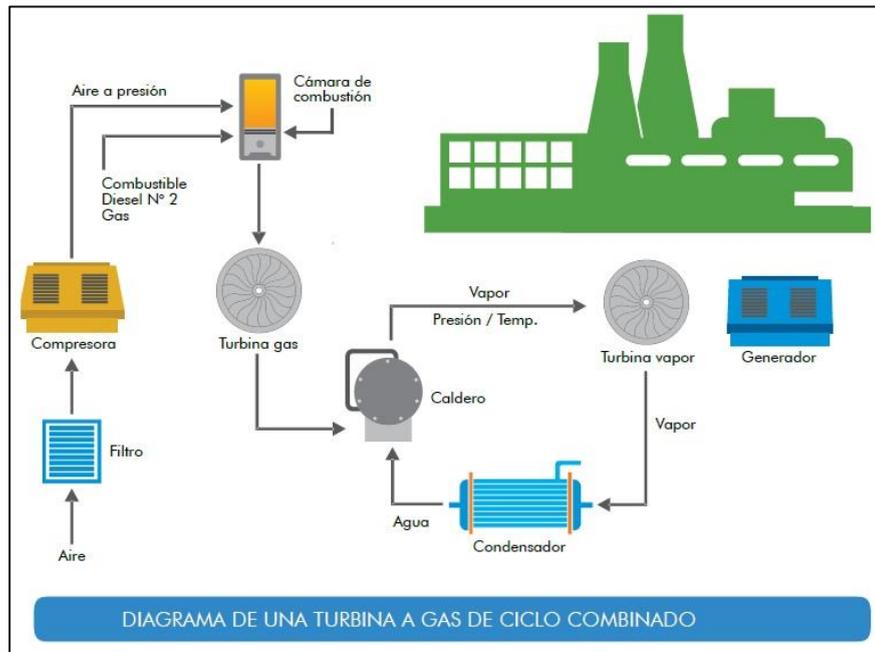
**ANEXO N° 2: LISTADO DE FIGURAS**

**Figura N° 1.- Diagrama de una central a ciclo simple**



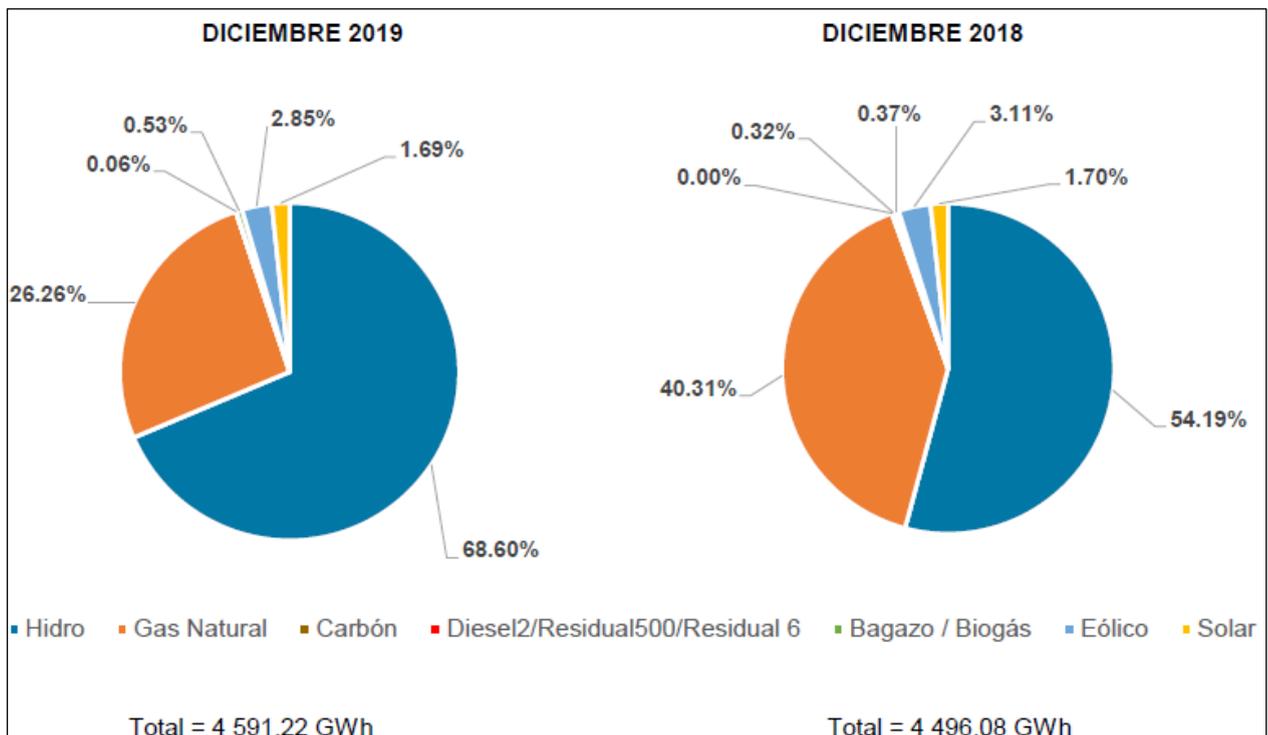
Fuente: OEFA,2015

**Figura N° 2.- Diagrama de una central a ciclo combinado**



Fuente: OEFA, 2015

**Figura N° 3 Comparación de producción mensual de electricidad (2018-2019)**



Fuente: COES, 2019

Figura N° 4 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire de la C.T



Figura N° 5 Concentraciones de PM10

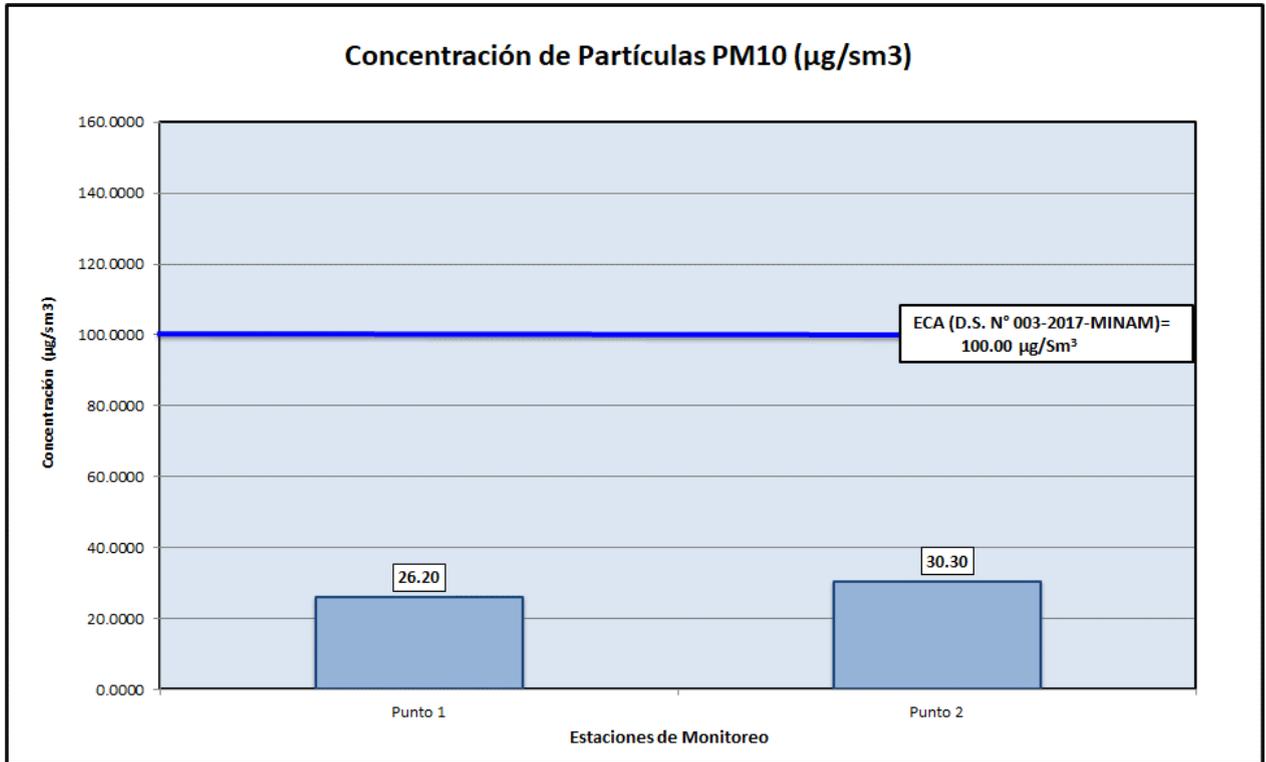


Figura N° 6 Concentraciones de PM2.5

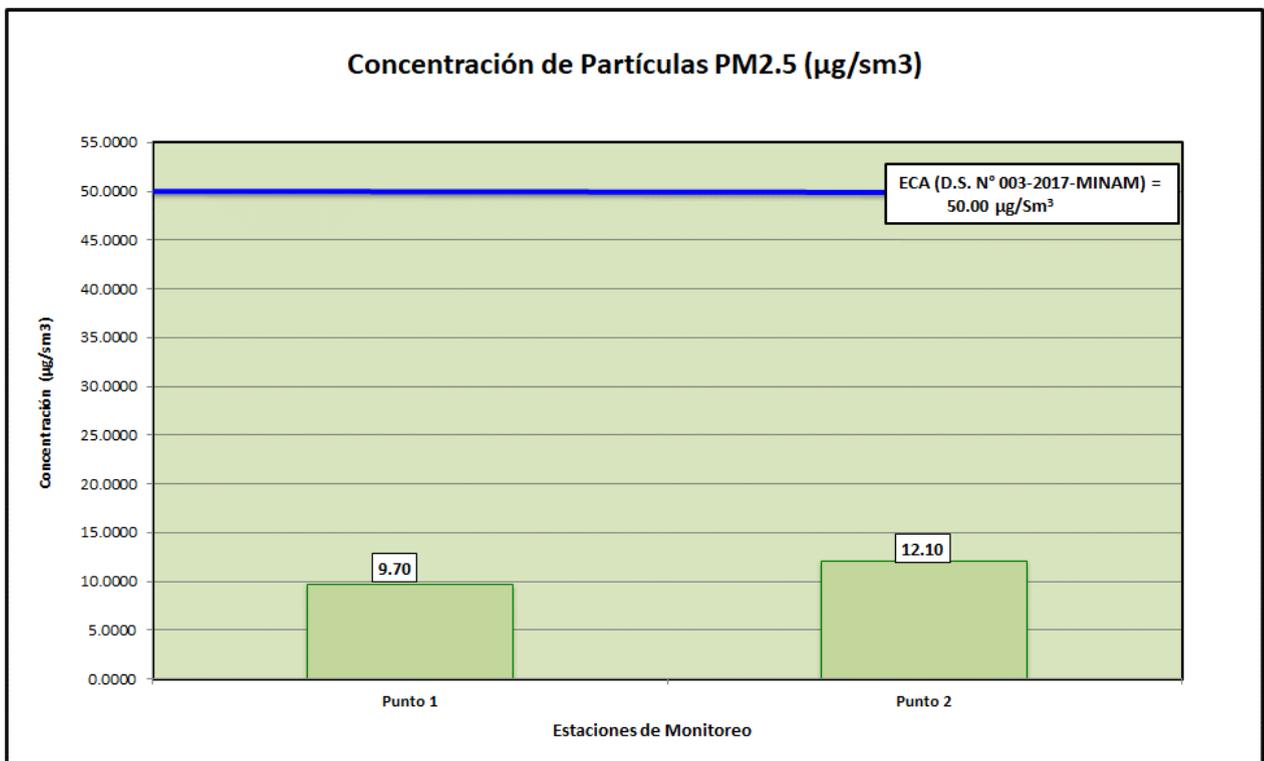


Figura N° 7 Concentraciones de Plomo

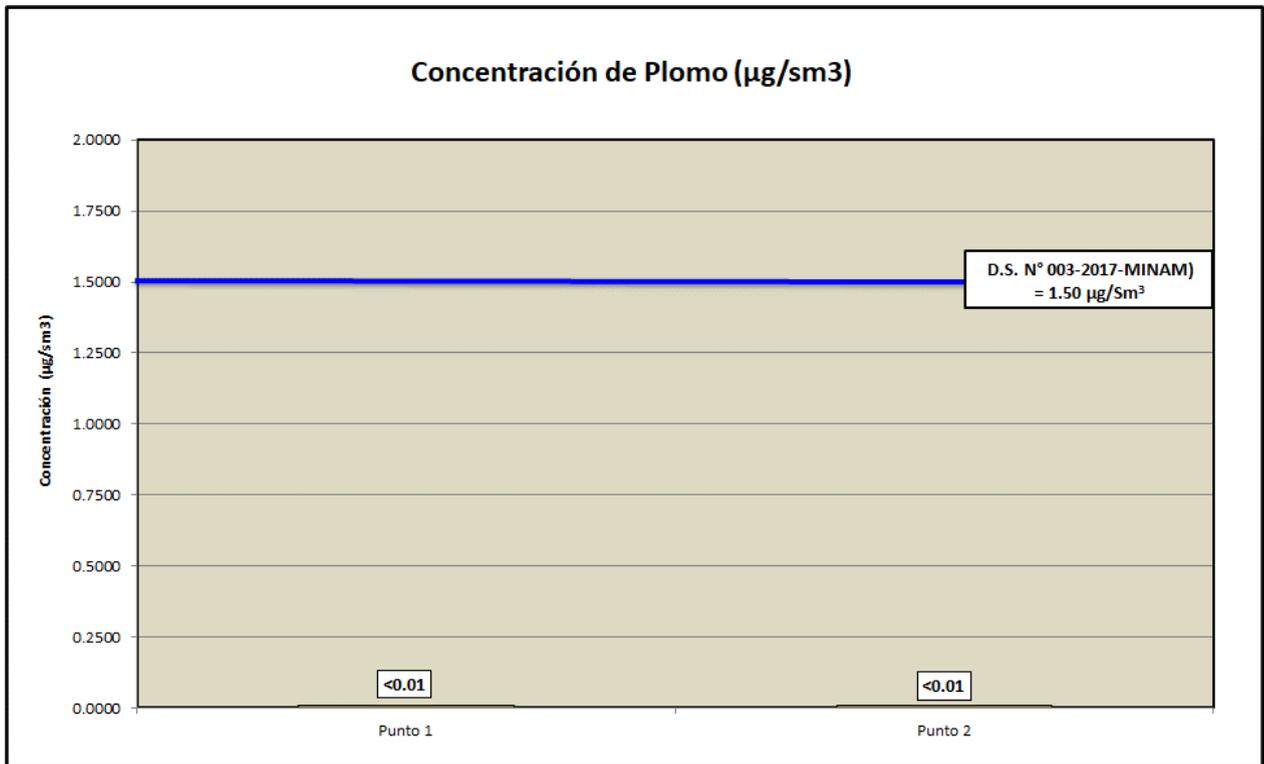


Figura N° 8 Concentraciones de Benceno

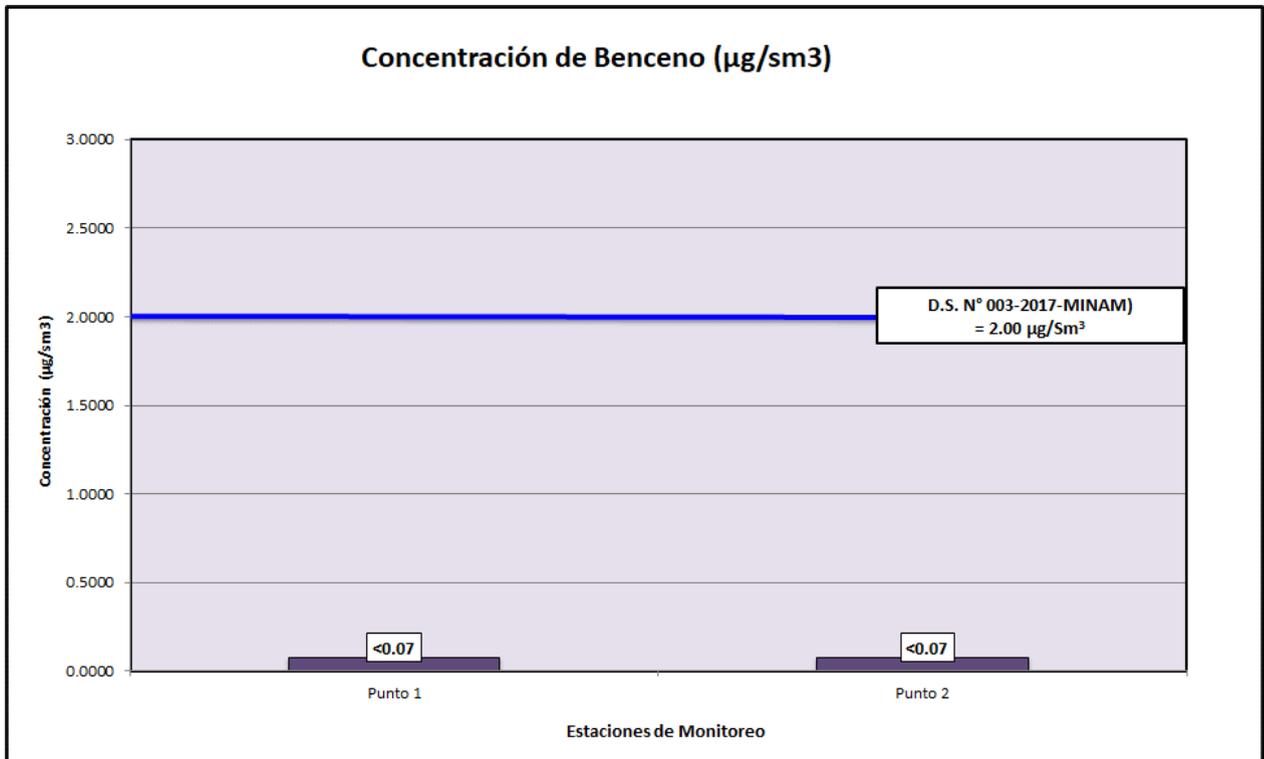
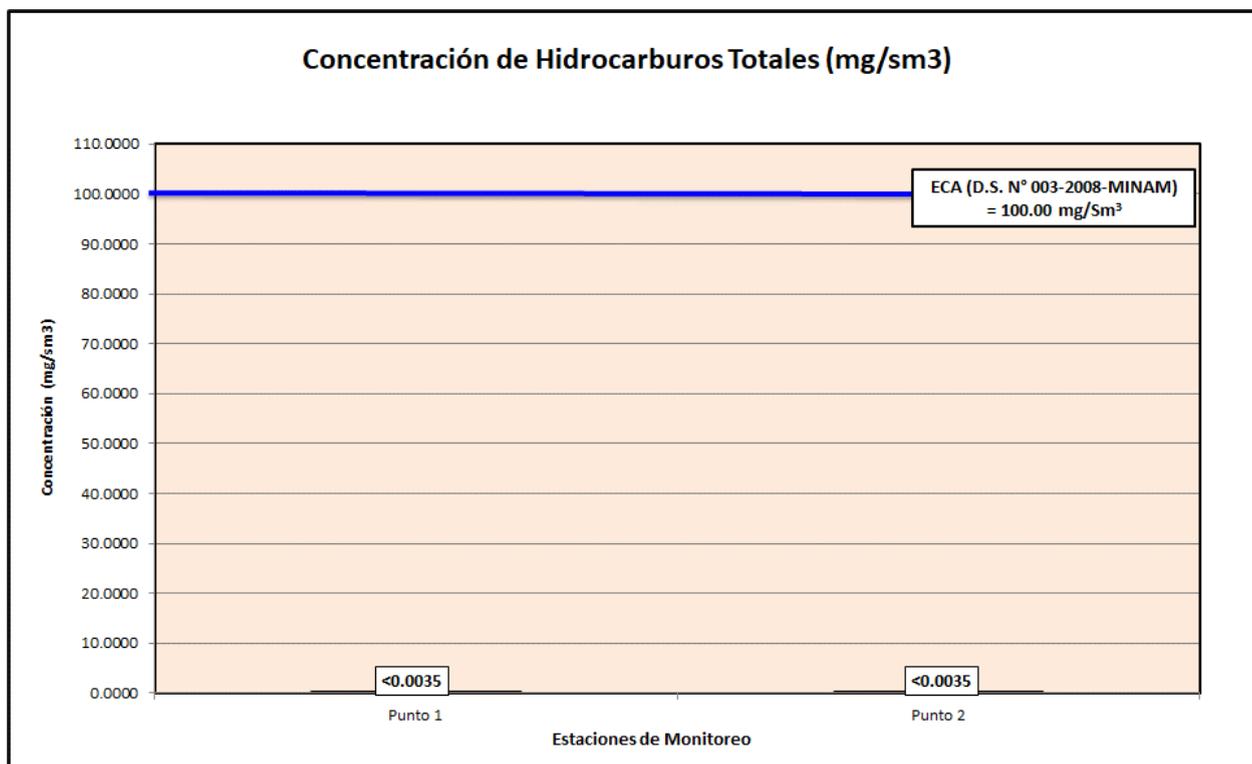


Figura N° 9 Concentraciones de Hidrocarburos Totales



### Anexo 3: REGISTRO DEL MONITOREO DE GASES

Figura N° 10 Concentración de Monóxido de Carbono

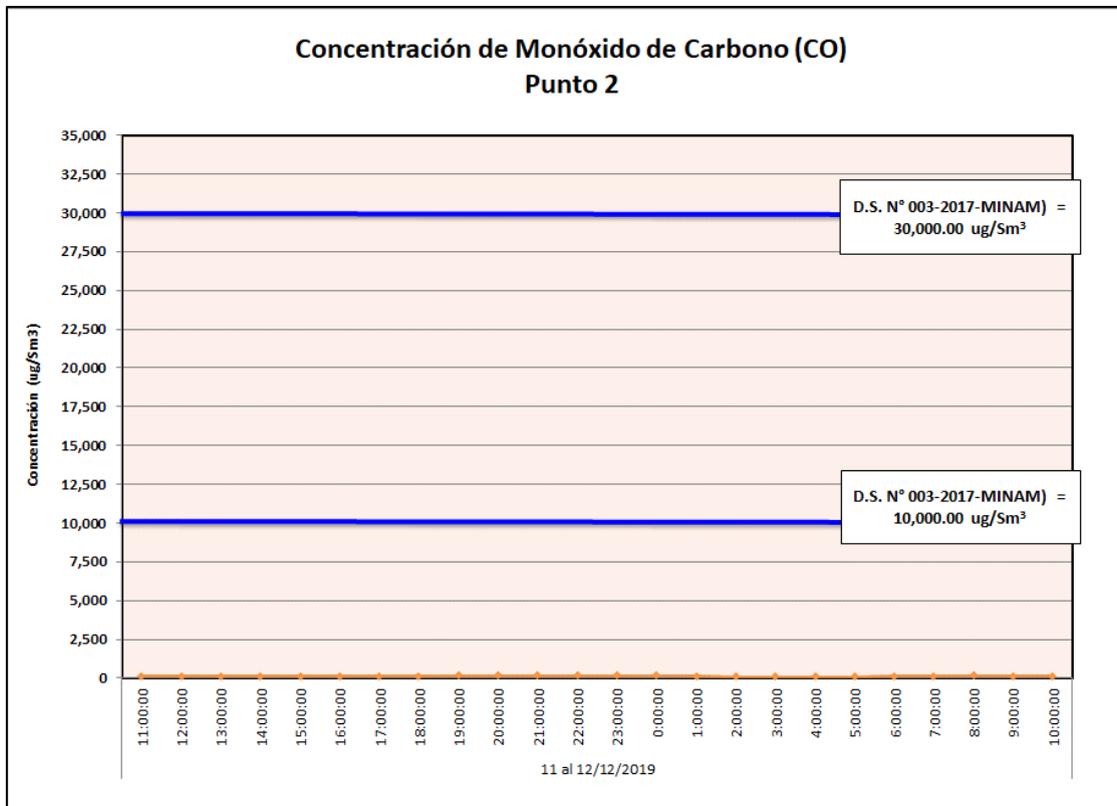
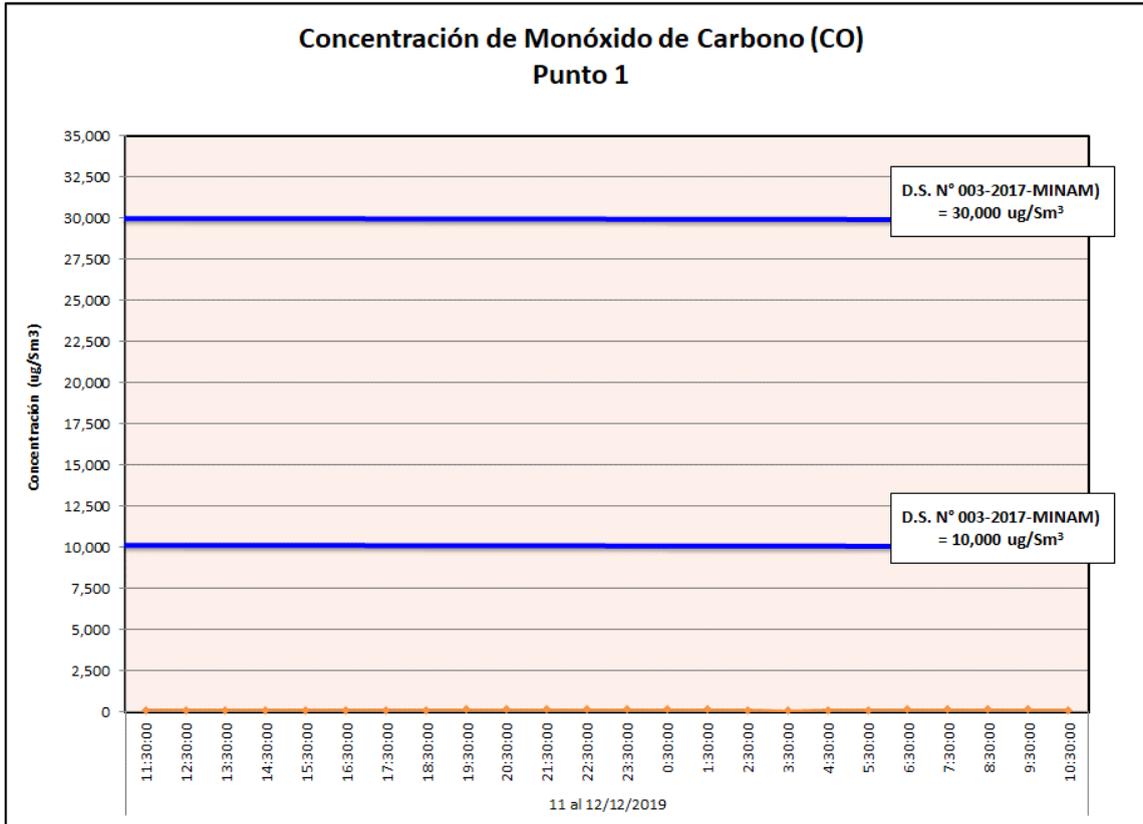


Figura N° 11 Concentración de Dióxido de Nitrógeno

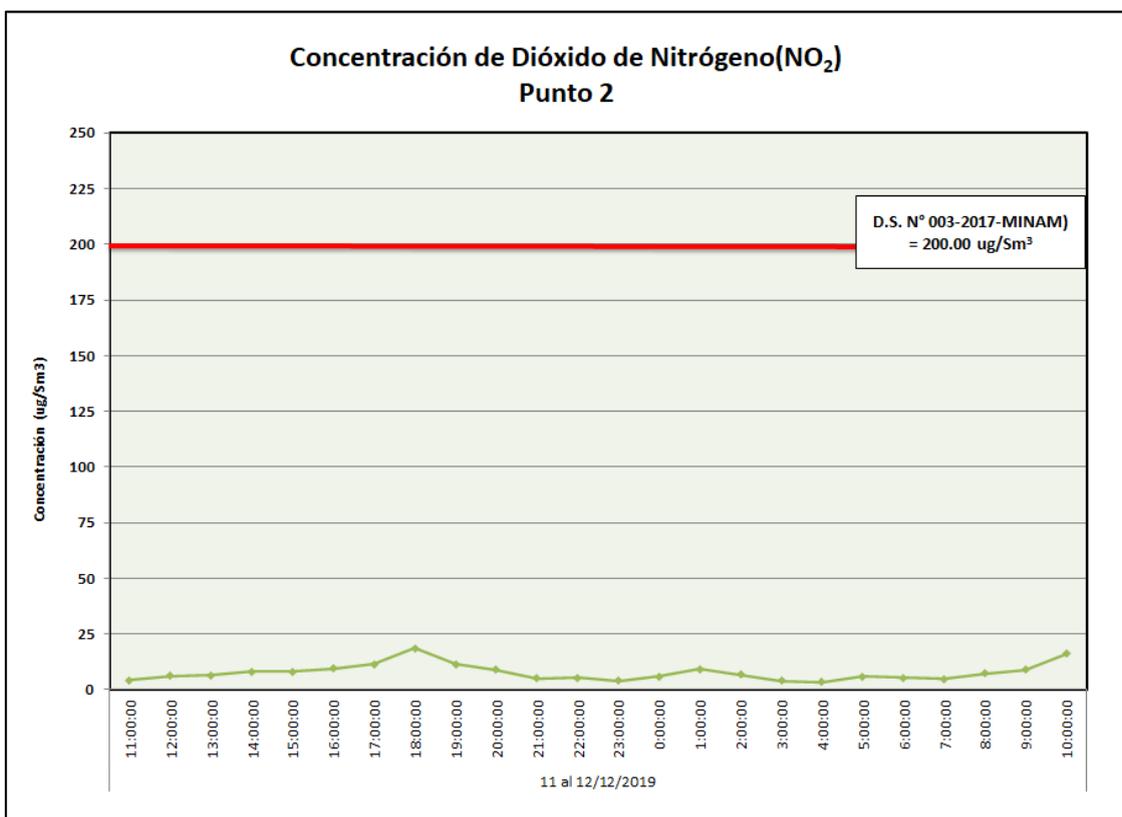
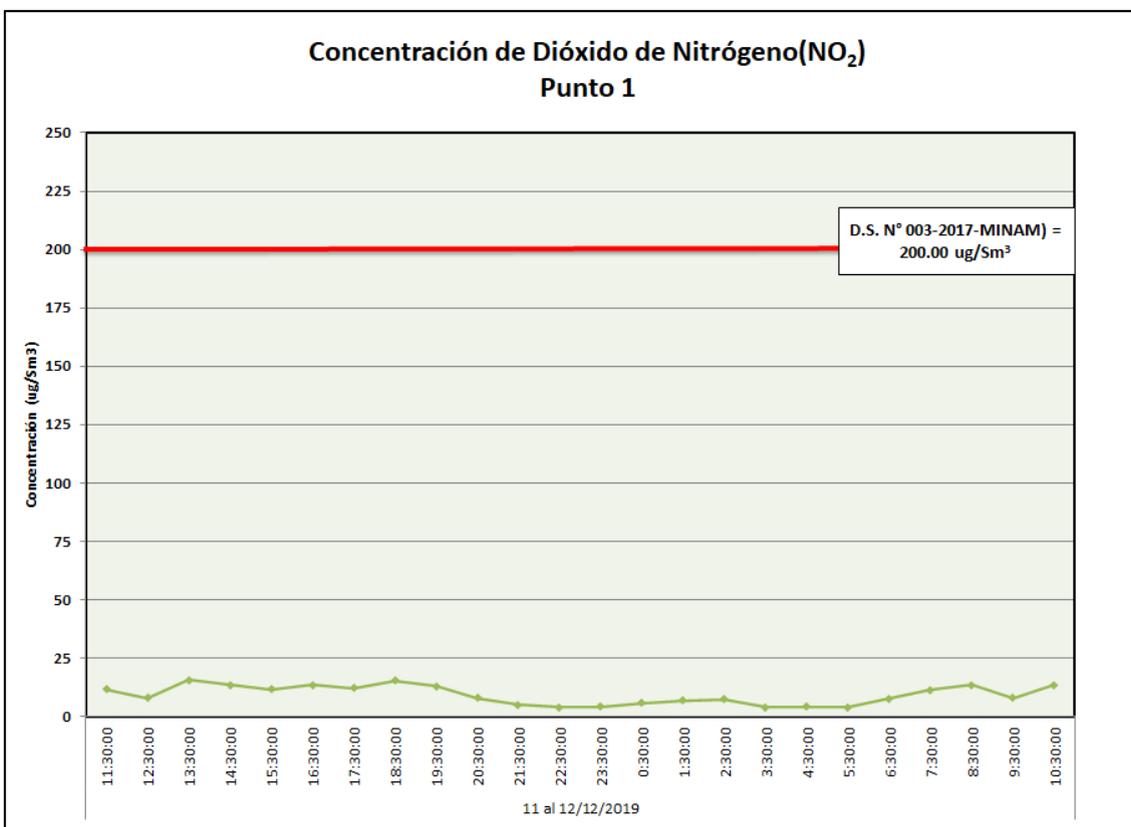


Figura N° 12 Concentración de Dióxido de Azufre

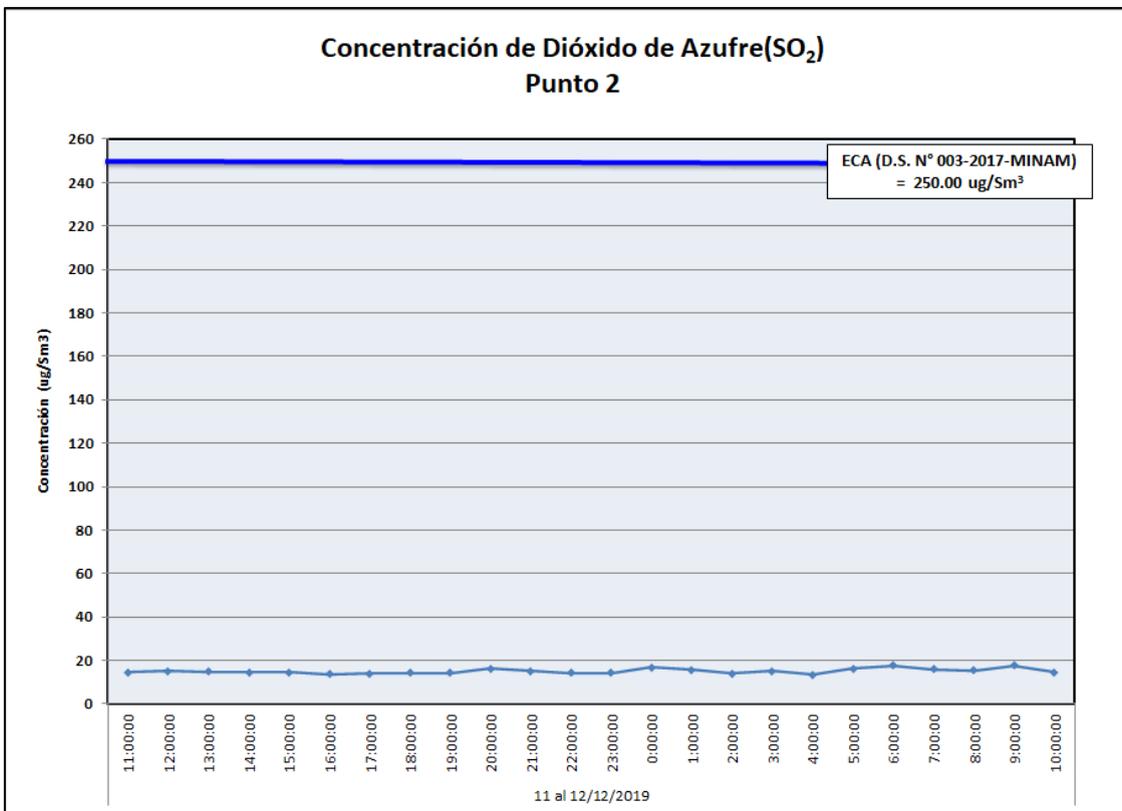
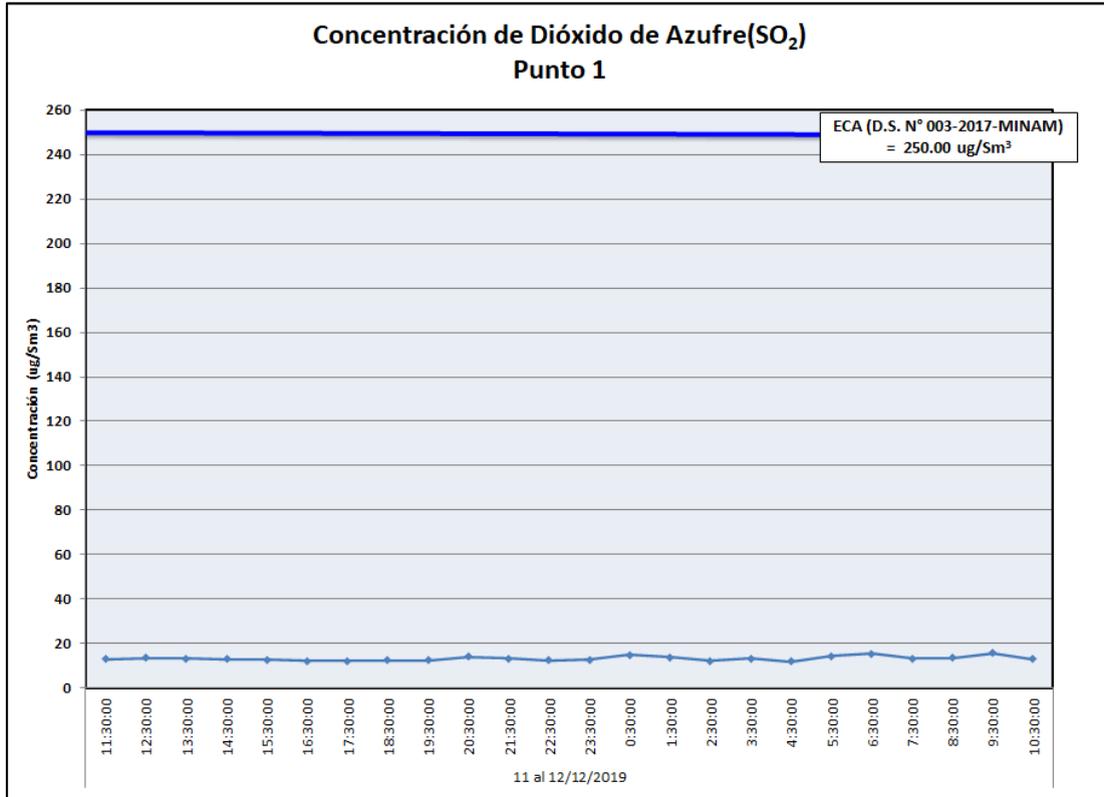


Figura N° 13 Concentración de Sulfuro de Hidrógeno

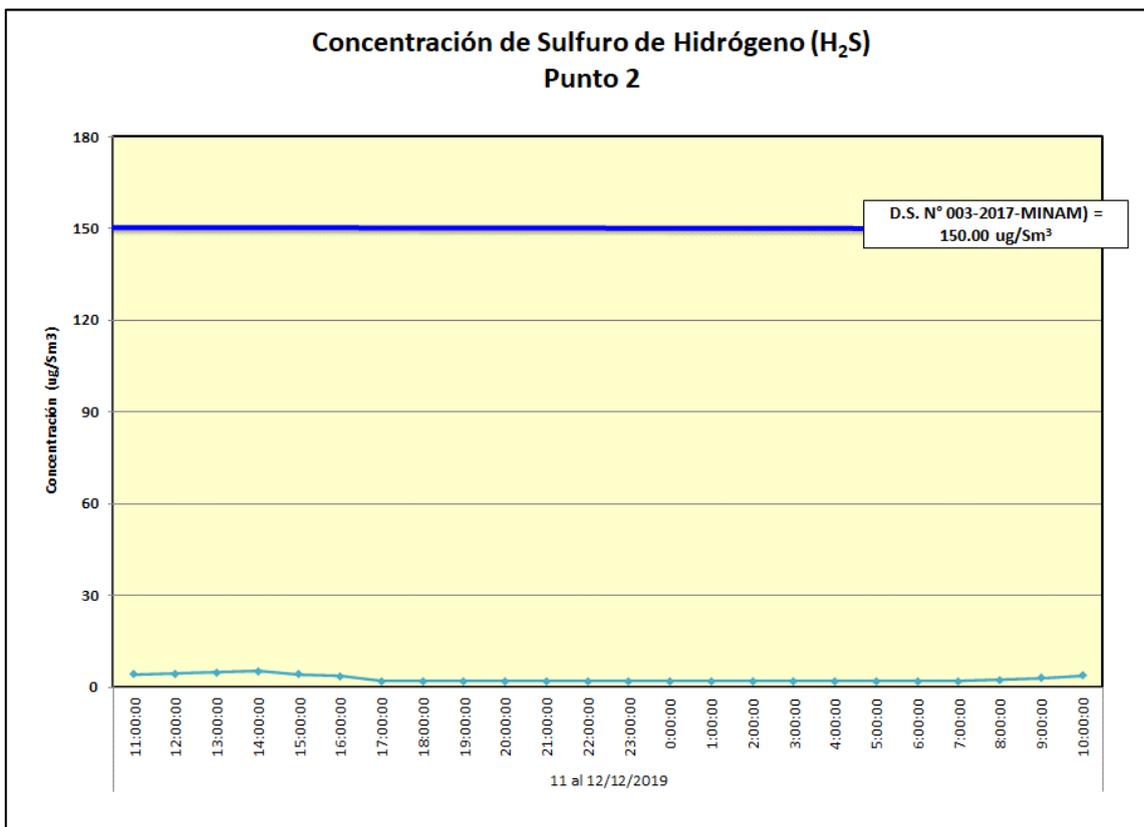
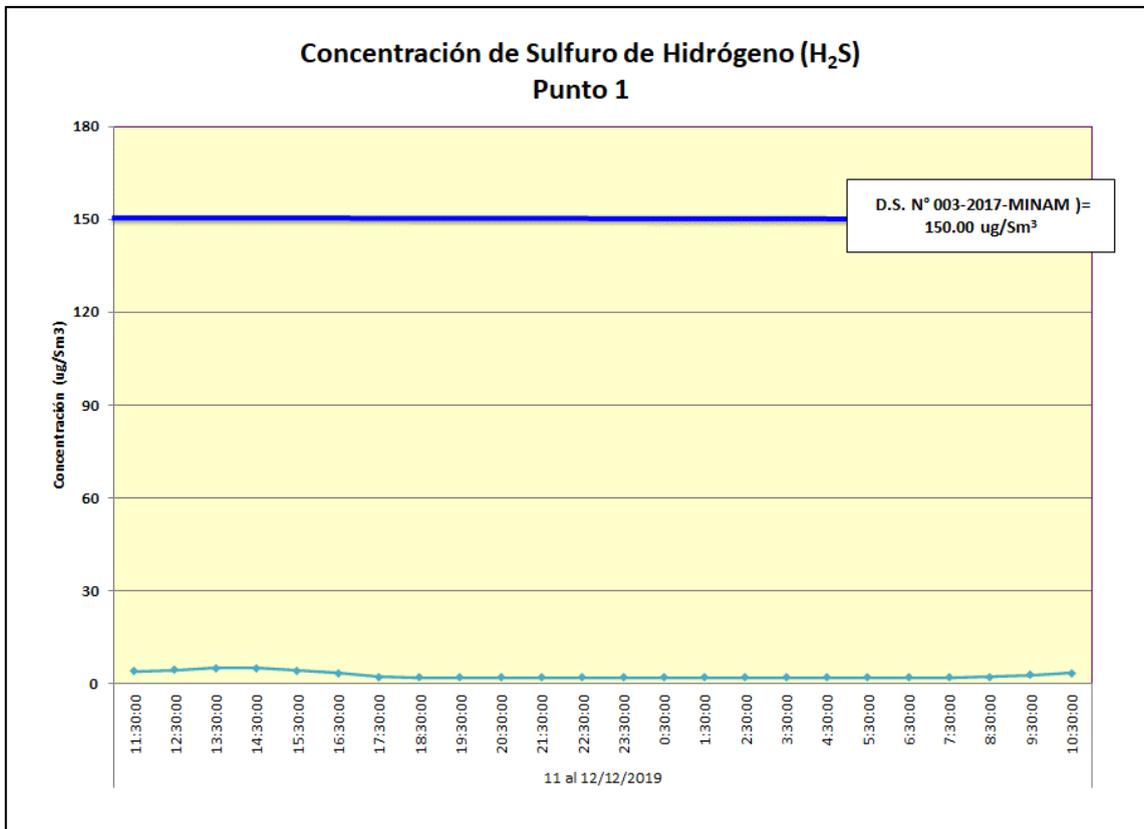


Figura N° 14 Concentración de Ozono

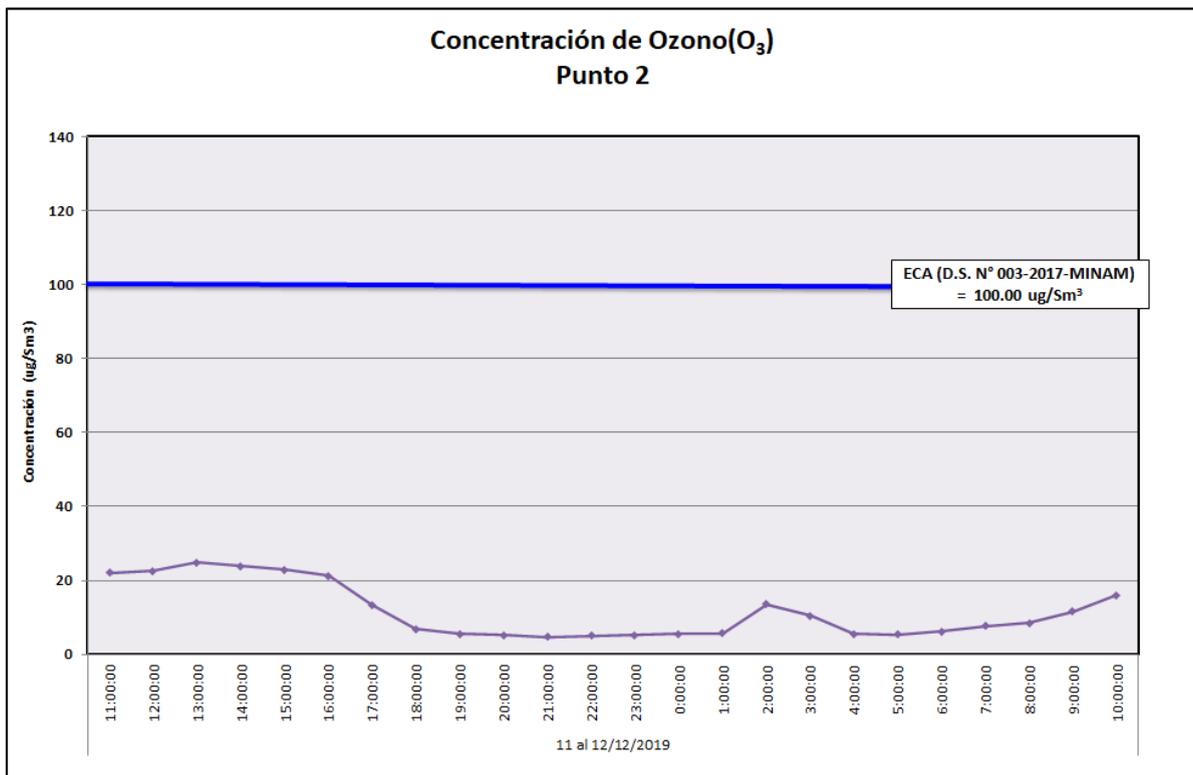
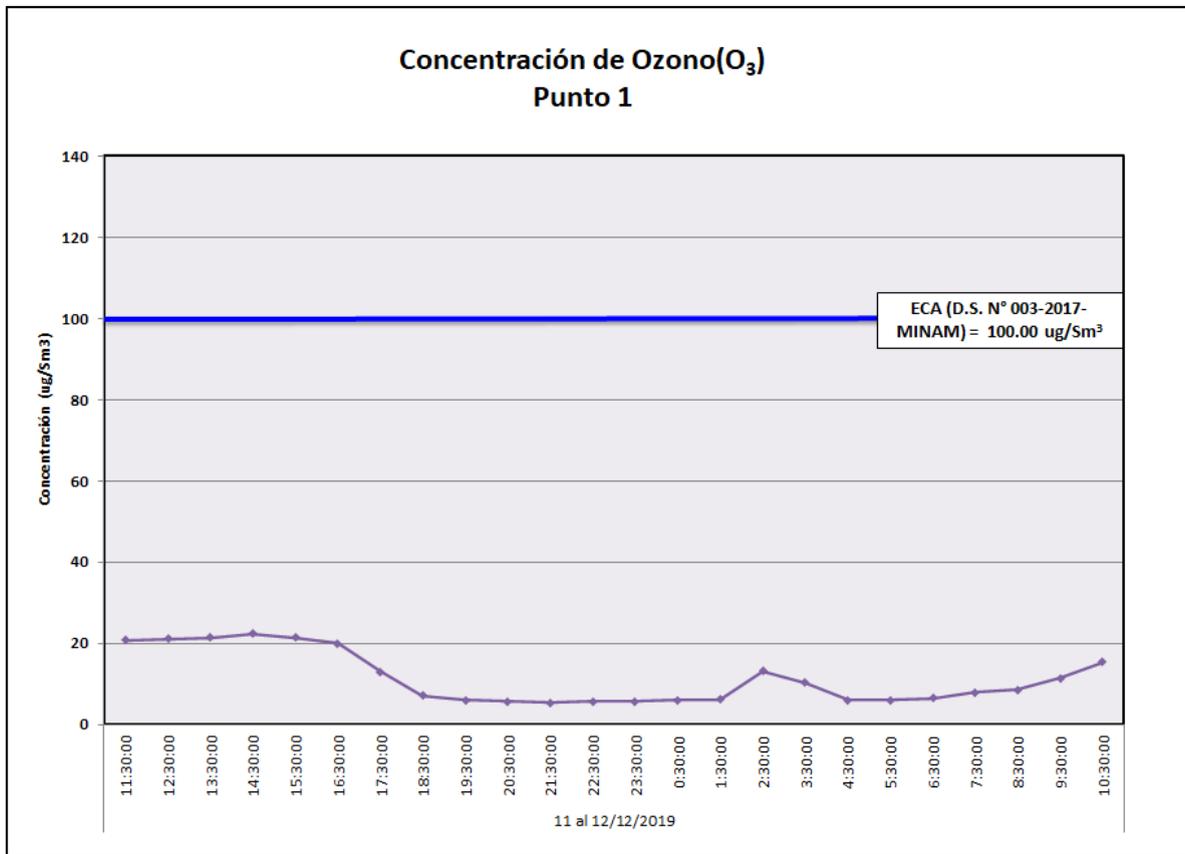
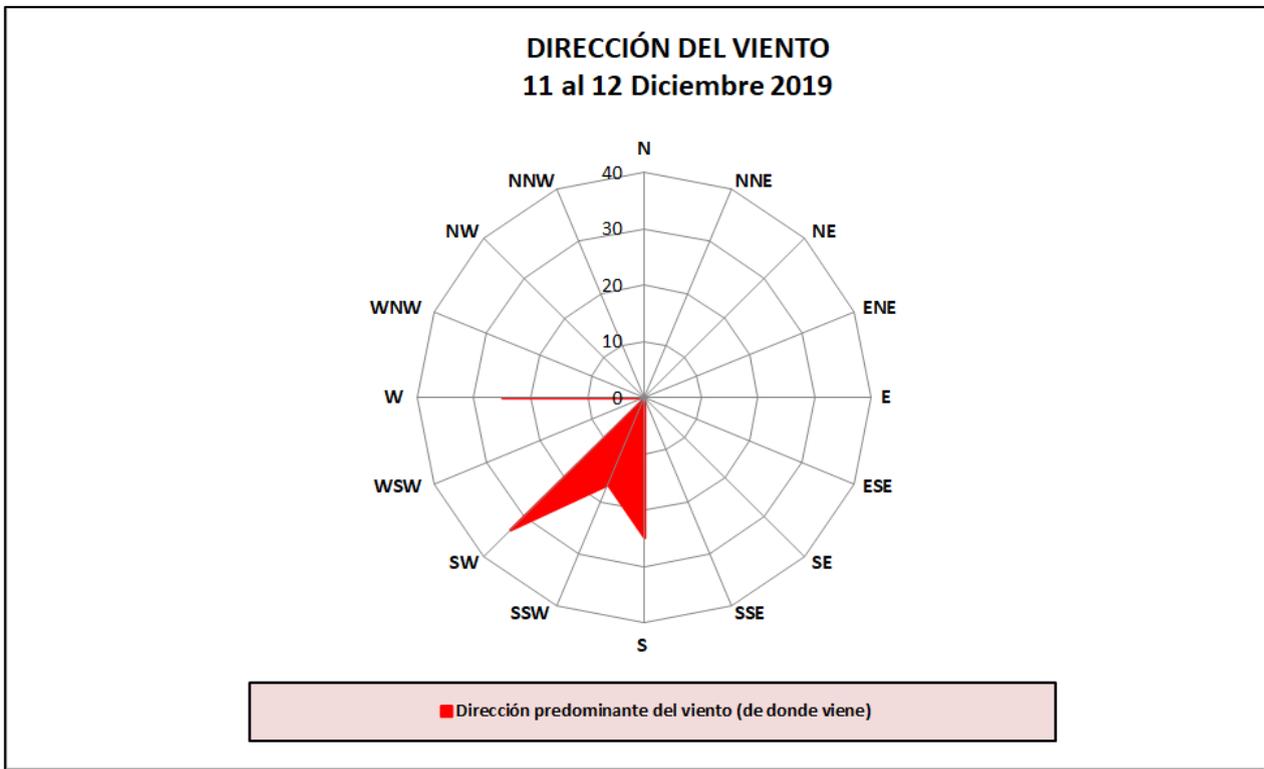


Figura N° 15 Rosa de Viento



#### Anexo 4: Diagrama de Actividades en la Consultora

