



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

## **TESIS**

**“EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL SOBRE  
LA CALIDAD DEL AIRE POR LA CONSTRUCCION DE  
UNA CENTRAL HIDROELECTRICA EN EL DISTRITO  
DE MACHU PICCHU-CUSCO”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**HERRERA ZEA, JOSE GIANFRANCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**LIMA - PERÚ**

**2017**

## DEDICATORIA

Ya en el agradecimiento exprese mi gran alegría por este gran paso que estoy a punto de terminar y sin más largas que dar les dedico este logro a mis padres Víctor Manuel Herrera Lazo y Elizabeth Zea Vega, sin ustedes no hubiera llegado hasta acá, con su apoyo diario he tenido la fuerza para seguir adelante a pesar de los obstáculos que pudieron estar en este camino pero llegue, de todo corazón ustedes saben que son mi ejemplo a seguir, mi guía y que siempre van a estar conmigo en mis alegrías, triunfos, derrotas, y todos los aspectos de mi vida que por supuesto ya lo han estado.

Te dedico y te doy las gracias a ti mamá por darme la vida y por ser constante conmigo, por estar pendiente de los detalles de la vida, por ser mi amiga incondicional, por pelear conmigo también ya que de esa forma me doy cuenta que no puedo vivir sin ti, tu estas entregando este proyecto conmigo, y que el día de mi acto de titulación tú también te estás titulando como ingeniera, porque estuviste conmigo apoyándome a la distancia día a día , le doy gracias a dios por tenerte conmigo te amo mamá.

También te dedico esta tesis a ti papá, tú también has sido parte fundamental en este momento de mi vida, aunque no me lo digas y siempre me preguntabas ¿hijo y cómo va la tesis? Y simplemente te decía ¡bien papá!, lo que más me gusta es que he aprendido demasiado de ti tu eres mi ejemplo de responsabilidad, de profesionalismo, a lo mejor mi mamá lee esto y se pone celosa pero a los dos los amo muchísimo así no se los diga mucho, gracias por estar conmigo desde el comienzo y ser mi compañero.

Esta dedicatoria de tesis es dedicada para el amor de mi vida, mi prometida hermosa y linda Keyla Del Carpio Cornejo, y mi futura bebe, gracias a usted por su paciencia, por su comprensión, por su dedicación, por su fuerza, por su amor y por ser tal y como es, porque la amo. En realidad ella me llena por dentro de muchas fuerzas para conseguir el equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Mis palabras sé que no bastan para decirte cuanto te agradezco.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a mis padres ya que sin ellos este sueño de ser un profesional no se haría realidad, gracias por el apoyo incondicional que me han dado a lo largo de mi vida y que continuarán en el camino que me queda por recorrer, gracias por haberme siempre apoyado, porque sin ustedes no sería la persona de bien que aspiro seguir siendo, por supuesto para continuar sus pasos, porque son mi ejemplo a seguir, desde el momento que nací hasta ahora que estoy cerrando un ciclo y que sin ustedes y sin su confianza no hubiese sido posible.

En los momentos poco favorables que pude descubrir, mediante esas situaciones que parecían no tener nada bueno, en esas mismas situaciones fue donde me di cuenta realmente todo lo que me amaba mi novia y todo lo que era capaz de hacer por mí, en ese momento empecé a entender y comprender la gratitud que de mi parte le debía, gratitud que muy probablemente sería poco ante todo lo que ella hizo y hace por mi cada día. Sin ella el lograr concluir con el desarrollo de mi tesis, hubiera sido simplemente una tarea tortuosa, sin motivaciones, y sin muchas expectativas para el momento en el que lograra terminar este proyecto tan importante para mi desarrollo profesional y personal.

## **RESUMEN**

El problema ambiental en la creación de las centrales hidroeléctricas se deriva por la construcción de estas y por la creciente necesidad de satisfacer las necesidades de la energía en el País

La generación de contaminantes en el aire por la construcción de las centrales hidroeléctricas nos da como resultado daños al medio ambiente y a la salud de las personas.

Buscando contribuir con la situación actual en la construcción de la central hidroeléctrica, y con el fin de conseguir un análisis y evaluación de la calidad ambiental del aire es que se está realizando el presente trabajo de investigación “EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE POR LA CONSTRUCCION DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA EN EL DISTRITO DE MACHU PICCHU-CUSCO.”

El objetivo general de la presente investigación es evaluar el impacto ambiental sobre la calidad del aire por la construcción de la Central Hidroeléctrica ubicada en el distrito de Machu Picchu.

La presente investigación compete a un desarrollo experimental para la estimación y variación de los resultados del análisis de los parámetros a evaluar.

Realizando un análisis de los resultados obtenidos de los muestreos realizados en el distrito de Machu Picchu, se presenta datos reales de la variación de la medición de los parámetros generados por el proyecto de construcción de una central hidroeléctrica en dicho distrito.

## **ABSTRACT**

The environmental problem in the creation of the hydroelectric power plants is derived by the construction of these and by the increasing need to satisfy the needs of the energy in the Country

The generation of pollutants in the air by the construction of hydroelectric power plants results in damage to the environment and human health.

In order to contribute to the current situation in the construction of the hydroelectric power station, and in order to obtain an analysis and evaluation of the environmental quality of the air, the present research work is being carried out "EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT ON AIR QUALITY FOR THE CONSTRUCTION OF A HYDROELECTRIC CENTRAL IN THE DISTRICT OF MACHU PICCHU-CUSCO. "

The general objective of the present investigation is to evaluate the environmental impact on air quality by the construction of the Hydroelectric Power Plant located in the district of Machu Picchu.

The present research is an experimental development for the estimation and variation of the results of the analysis of the parameters to be evaluated.

An analysis of the results obtained from the sampling carried out in the district of Machu Picchu presents real data of the variation of the measurement of the parameters generated by the construction project of a hydroelectric power station in that district.

# INTRODUCCIÓN

La actividad de la construcción se ha constituido en un medidor del crecimiento de los pueblos.

Cada día es necesario desarrollar proyectos que lleguen a satisfacer las necesidades de los habitantes y que respondan a sus estilos de vida, pero este desarrollo es a la vez un llamado a realizar acciones responsables con nuestro planeta, el cual es cada vez más agobiado y maltratado por las acciones y los estilos de vida que resultan insostenibles.

La industria de la construcción es una actividad necesaria, pero a la vez es una de las actividades que más modifican el ambiente, puesto que exige un gran consumo de recursos naturales y produce grandes volúmenes de desechos.

# ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	v

## CAPÍTULO I

### PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Descripción de la realidad problemática	01
1.1.1.	Caracterización del problema	01
1.1.2.	Definición del Problema	01
1.2.	Formulación del problema	02
1.2.1.	Problema general	02
1.2.2.	Problemas específicos	02
1.3.	Objetivo de la investigación	03
1.3.1.	Objetivo general	03
1.3.2.	Objetivos específicos	03
1.4.	Justificación de la investigación	03
1.4.1.	Justificación Teórica	03
1.4.2.	Justificación Metodológica	04
1.4.3.	Justificación Práctica	04
1.5.	Importancia de la investigación	04
1.6.	Limitaciones de la Investigación	05

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco Referencial	06
2.1.1.	Antecedentes de la Investigación	06

2.1.2. Referencias históricas	07
2.2. Marco Legal	10
2.3. Marco Conceptual	13
2.4. Marco Teórico	14
2.4.1. Contaminación Ambiental	14
2.4.2. Contaminación Atmosférica	15
2.4.3. Calidad Ambiental del Aire	20
2.4.4. Evaluación de la calidad ambiental del aire	22

### **CAPÍTULO III**

#### **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

3.1. Tipo y Nivel de la Investigación.	26
3.1.1. Tipo de Investigación	26
3.1.2. Nivel de la Investigación	26
3.2. Método de la Investigación	26
3.2.1. Evaluación del Impacto Ambiental	27
3.3. Diseño de la Investigación	32
3.4. Hipótesis de la Investigación	33
3.4.1. Hipótesis General	33
3.4.2. Hipótesis Específicas	33
3.5. Variables	33
3.5.1. Variable Independiente	33
3.5.2. Variable Dependiente	34
3.6. Cobertura del estudio de la Investigación	35
3.6.1. Universo	35
3.6.2. Población	35
3.6.3. Muestra	35
3.7. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos	36
3.7.1. Técnicas de la Investigación	36
3.7.2. Instrumentos de la Investigación	36
3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos	40

3.8.	Procesamiento Estadísticos de la Información	40
3.8.1.	Estadísticos	40
3.8.2.	Representación	41
3.8.3.	Comprobación de la hipótesis	41

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

4.1.	Presentación de Resultados	42
4.1.1.	Resultados Parciales	42
4.2.	Contrastación de Hipótesis	55
4.3.	Discusión de Resultados	56

CONCLUSIONES	59
--------------	----

RECOMENDACIONES	60
-----------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
----------------------------	----

ANEXOS	62
--------	----

Anexo N° 1:	Estándares Nacionales de Calidad ambiental del aire	63
-------------	---	----

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

#### **1.1.1. Caracterización del problema.**

Ante el incremento de la demanda de energía eléctrica en el país, ha generado la necesidad que se desarrolle nuevos proyectos proveedores de energía, como son las Centrales Hidroeléctricas. Estos proyectos en la etapa de construcción generan diferentes impactos al aire, agua y suelo; esto efectos pueden ser producidos tanto en la zona de generación (casa de máquinas, túnel de descarga y accesos), así como en las áreas auxiliares (canteras, campamentos y depósitos de material excedente).

En cuanto a los contaminantes al aire producidos en la fase de construcción de las Centrales Hidroeléctricas, estos pueden ser: material particulado, ruido y emisiones gaseosas que pueden actuar alterando la calidad del aire del entorno.

#### **1.1.2. Definición del Problema**

Con la finalidad de cumplir las normas legales aplicables para la construcción de la Central Hidroeléctrica, es por ello que se requiere realizar una adecuada evaluación de los impactos ambientales sobre la calidad ambiental y específicamente sobre la calidad del aire.

Los registros de las mediciones de los parámetros de la calidad del aire de material particulado respirable menores a 10 micras

(PM10); concentración de metales de plomo (Pb) y arsénico (As); y gases de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO); y parámetros meteorológicos (velocidad y dirección de viento, temperatura ambiental y, humedad relativa); nos permitirá analizar la afectación de estos parámetros sobre la calidad del aire en el entorno del proyecto central hidroeléctrica

A si mismo los datos de concentración de los contaminantes y valores de los parámetros meteorológicos indicados nos permitirán evaluar las desviaciones de la normativa ambiental aplicables al mencionado proyecto.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Es posible evaluar el estudio de impacto ambiental de la construcción de una Central Hidroeléctrica sobre la calidad del aire en el distrito de Machu Picchu -Cusco?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Se podrá obtener las concentraciones del material particulado (PM10 y PM 2.5), del proyecto de construcción de la central hidroeléctrica?
- ¿Se podrá obtener las concentraciones de metales pesados por el proyecto de construcción de la central hidroeléctrica, respecto al Plomo?
- ¿Se podrá obtener las concentraciones de gases por el proyecto de construcción de la central hidroeléctrica, respecto al CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar el estudio de impacto ambiental sobre la calidad del aire por la construcción de la Central Hidroeléctrica ubicada en el distrito de Machu Picchu – Cusco.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las concentraciones de material particulado (PM10 y PM 2.5), por el proyecto de construcción de la central hidroeléctrica.
- Determinar las concentraciones de metales pesados (Plomo) por el proyecto de construcción de la central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu.
- Determinar las concentraciones de gases (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) por el proyecto de construcción de la central hidroeléctrica.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Justificación Teórica**

Existe un marco normativo que exige el cumplimiento de requerimientos ambientales para la evaluación de la calidad del aire para el proyecto de construcción de la Central Hidroeléctrica de la provincia de Machu Picchu:

- Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM “Estándares Nacionales de Calidad de Aire.”
- Decreto Supremo N°074-2001 PCM “Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.”

#### **1.4.2. Justificación metodológica**

La diferente metodología estandarizada para determinar los niveles de concentración para los parámetros físico químicos-químicos estandarizados.

La metodología de la presente investigación realizada nos muestra la evaluación ambiental de los efectos de la calidad del aire en la construcción de una central hidroeléctrica mediante el empleo de matrices de Leopold. Las matrices de Leopold nos permitirán identificar y evaluar los impactos potenciales y reales del proyecto de construcción de una central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu sobre la calidad del aire.

#### **1.4.3. Justificación Práctica.**

Evaluación del impacto de la calidad del aire por la construcción de una central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu-Cusco, apoyara al mejor manejo y gestión ambiental dentro de la empresa.

La presente evaluación de los efectos de la construcción de la central hidroeléctrica nos permite además de identificar, evaluar los impactos potenciales y reales; el planteamiento de medidas de manejo de dichos impactos a fin de controlar y reducir los efectos producidos por estos.

#### **1.5. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

La evaluación del impacto de la calidad del aire por la construcción de una central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu-Cusco nos permite plantear controles y reducir los efectos de los contaminantes emitidos al ambiente dentro del área de influencia.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

Existen limitaciones para obtener un determinado número de muestras debido al tiempo proyectado para obtenerlas.

Existe dificultad en el acceso a los puntos de muestreo de data de los contaminantes seleccionados.

Existen restricciones económicas para la obtención y análisis de un determinado número de muestras.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO REFERENCIAL

##### 2.1.1. Antecedentes de la investigación.

<b>AUTOR</b>	Rafael Martínez
<b>TÍTULO INVESTIGACIÓN</b>	“Utilización y características de la energía hidroeléctrica”
<b>AÑO</b>	2009
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui
<b>LUGAR DE PROCEDENCIA</b>	Venezuela
<b>RESUMEN</b>	El aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad es una forma clásica de obtener energía. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente.

<b>AUTOR</b>	José T. Gálvez
<b>TÍTULO INVESTIGACIÓN</b>	“Tipos de centrales hidroeléctricas”
<b>AÑO</b>	2009
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui
<b>LUGAR DE PROCEDENCIA</b>	Venezuela
<b>RESUMEN</b>	La investigación nos habla de las centrales mareomotrices sumergidas estas son la que utilizan la energía de las corrientes submarinas en vez del reflujó de la marea.

<b>AUTOR</b>	Diana Cruz
<b>TITULO INVESTIGACIÓN</b>	“Programa de Monitoreo de la Calidad de Aire para DYG MINING SAC”
<b>AÑO</b>	2015
<b>INSTITUCIÓN</b>	Universidad Nacional Agraria La Molina
<b>LUGAR DE PROCEDENCIA</b>	Perú
<b>RESUMEN</b>	Evaluaciones periódicas de la dinámica de las variables ambientales de calidad del aire, con la finalidad de determinar los cambios que se puedan generar durante las etapas del desarrollo del proyecto en la concesión “Las Marías II” de la empresa DYG MINING SAC; el proyecto de explotación comprende la extracción de mineral aurífero y cobre, a través de labores subterráneas en forma convencional.

### 2.1.2. Referencias históricas.

A inicios del presente siglo la tercera parte de los países depende de la energía hidráulica para poder obtener más de la mitad del suministro eléctrico y las grandes represas generan el 19 % de la electricidad a nivel mundial. También resaltar que las represas han sido, a la fecha un importante medio para satisfacer las necesidades de agua y de energía, asimismo son inversiones estratégicas a largo plazo.

En todo el mundo la hidroelectricidad representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países en

los que constituye una fuente de electricidad más importante son Noruega (99%), Zaire (97%) y Brasil (96%). (Salas, 2000)

En el Perú, las centrales hidroeléctricas se organizan en torno al SEIN (Sistema Eléctrico Interconectado Nacional) conformado por la integración de los Sistemas Interconectados Centro Norte (SICN) y el Sistema Interconectado del Sur (SIS), constituye el medio de transporte de energía eléctrica más importante del país, cuenta con 13 879 km de líneas de transmisión de los cuales el 16% corresponden al Sistema Principal y el 84%, al Sistema Secundario. La potencia instalada de generación del SEIN, representa el 94% (centrales hidráulicas y térmicas) del total orientado al mercado eléctrico. El Sistema Eléctrico Interconectado Nacional cuenta con un parque generador conformado por unidades hidroeléctricas y termoeléctricas cuya reserva de potencia efectiva es de aproximadamente 51%, satisfaciendo la demanda en horas punta, constituye además una reserva existente para fines operativos respecto a la demanda máxima, esta reserva también garantizará la seguridad y calidad del servicio público.

Cabe resaltar que si bien es cierto las centrales hidroeléctricas tanto sea a nivel nacional y mundial son muy útiles, que en su etapa de construcción genera una problemática que afecta y beneficia, tanto a la población y al medio ambiente.

Siendo así que la construcción de centrales hidroeléctrica genera impactos al medio ambiente, es que la presente investigación pretende dar un análisis y evaluar la calidad ambiental del aire en su etapa de construcción.

Por lo que también entendemos que la contaminación del aire ha sido un problema de salud pública desde el descubrimiento del fuego. En la antigüedad, las personas encendían fogatas en sus cuevas y cabañas y frecuentemente contaminaban el aire con humo nocivo.

El origen de nuestros problemas modernos de contaminación del aire puede remontarse a la Inglaterra del siglo XVIII y al nacimiento de la revolución industrial. La industrialización comenzó a reemplazar las actividades agrícolas y las poblaciones se desplazaron del campo a la ciudad. Las fábricas para producir requerían energía mediante la quema de combustibles fósiles, tales como el carbón y el petróleo. El principal problema de contaminación del aire a fines del siglo XIX e inicios del siglo XX fue el humo y ceniza producidos por la quema de combustibles fósiles en las plantas estacionarias de energía. La situación empeoró con el creciente uso del automóvil. Con el tiempo, se presentaron episodios importantes de salud pública a causa de la contaminación del aire en ciudades como Londres, Inglaterra y Los Ángeles, en los Estados Unidos.

Durante la década de los noventa, la OMS organizó el Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire (AMIS por sus siglas en inglés) que tiene presencia en el nivel mundial. En 1997, el programa GEMS se incorporó al AMIS. Actualmente, el AMIS brinda la información global requerida para el manejo racional de la calidad del aire que incluye el monitoreo de la concentración de contaminantes del aire, desarrollo de instrumentos para elaborar inventarios de emisiones y modelos de calidad del aire, estimación de los efectos sobre la salud pública a través de estudios epidemiológicos y la propuesta de

planes de acción detallados para mejorar la calidad del aire. La participación en el AMIS vincula automáticamente a los países con una red de apoyo que cuenta con recursos y experiencia.

## 2.2. MARCO LEGAL

- Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM “Estándares Nacionales de Calidad de Aire.”, ANEXO 1, tabla 1 y tabla 2

### ANEXO 1

#### TABLA N° 1

Estándar De Calidad Ambiental Para El Dióxido De Azufre SO<sub>2</sub>

Parámetro	Periodo	Valor µG/M <sup>3</sup>	Vigencia	Formato	Método de Análisis
Dióxido de azufre (SO)	24 horas	80	1 de Enero de 2009	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	20	1 de enero del 2014		

**TABLA N° 2**

Estándar De Calidad Ambiental Para, Compuestos Orgánicos Volátiles (Cov); Hidrocarburos Totales (Ht); Material Particulado Con Diámetro Menor A 2,5 Micras (PM<sub>2.5</sub>)

Parámetro	Periodo	Valor	Vigencia	Formato	Método de Análisis
Benceno <sup>1</sup>	Anual	4 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Cromatografía de gases
		2 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014		
Hidrocarburos Totales (HT) Expresado como Hexano	24 horas	100 mg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM )	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2010	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
	24 horas	25 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2014	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
Hidrógeno Sulfurado (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150 µg/m <sup>3</sup>	1 de enero de 2009	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)

- Decreto Supremo N°074-2001-PCM “Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire”, Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3.

## Anexo N° 1- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire

(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico.

NE significa no exceder)

Contaminantes	Periodo	Forma del Estándar		Método de Análisis
		Valor	Formato	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30000	NE más de 1 vez/año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo	Anual			Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	
Sulfuro de Hidrógeno	24 horas			Fluorescencia UV (método automático)

### Anexo N° 2 - Valores de tránsito

Contaminante	Periodo	Forma del Estándar		Método de Análisis
		Valor	Formato	
Dióxido de Azufre	Anual	100	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
PM-10	Anual	80	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 horas	200	NE más de 3 veces/año	
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	250	NE más de 24 veces/año	Quimioluminiscencia (Método automático)
Ozono	8 horas	160	NE más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)

### Anexo N° 3: Valores Referenciales

Contaminante	Periodo	Forma del Estándar	Método de Análisis
		Valor	
PM-2.5	Anual	15	Separación inercial/ filtración (gravimetría)
	24 horas	65	

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Inmisión:** Deposición de contaminantes en la superficie terrestre, entendiéndose como el lugar donde se encuentran los receptores, tales como los seres humanos, las plantas, los animales y otros.
- **Evaluación ambiental:** Es una actividad promedio de la cual la información de impactos ambientales probables, de posibles alternativas y medidas de mitigación, sin requeridas antes de la toma de decisión sobre el plan, programa o proyecto propuesto.

- **ECA:** Estándar de calidad Ambiental.
- **Estándar de Calidad Ambiental:** Es la medida de concentraciones o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas y al ambiente.
- **Emisión:** Es la cantidad de contaminante vertido a la atmósfera en un período determinado desde un foco.
- **Monitoreo Ambiental:** Grupo de actividades que proporcionan información sobre los factores, componentes, y atributos ambientales .Es la medición cualitativa y repetitiva de variables ambientales observables durante un periodo representativo.

## 2.4. MARCO TEÓRICO.

El aire es una mezcla de gases que constituye la atmosfera terrestre, que permanecen alrededor del planeta tierra por acción de la fuerza de gravedad. El aire es esencial para la vida en el planeta. Es particularmente delicado, fino, y si está limpio transparente en distancias cortas y medias. En proporciones ligeramente variables, está compuesto por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (0 - 7%), y otras sustancias (1%), como ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles (como kriptom y argón).

### 2.4.1. Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental es parte de la naturaleza, sin embargo desde la aparición del hombre este ha ido incrementándose a lo largo del tiempo, podríamos decir que la

contaminación antropogénica como tal inicio con la llegada de la revolución industrial, cuando se aprendió a generar producciones de productos en grandes cantidades, la cual se incrementó y agudizo después de la segunda Guerra Mundial, con la creación de nueva tecnología y la necesidad consumista de la población.

La necesidad de uso energético impulso que la contaminación antropogénica, cada vez sea mayor, lo que ha provocado que los procesos naturales se han insuficientes para llevar a cabo la asimilación de los niveles de contaminación que se generan, lo que hizo que cada vez esta situación se agravara y las consecuencias sean más graves.

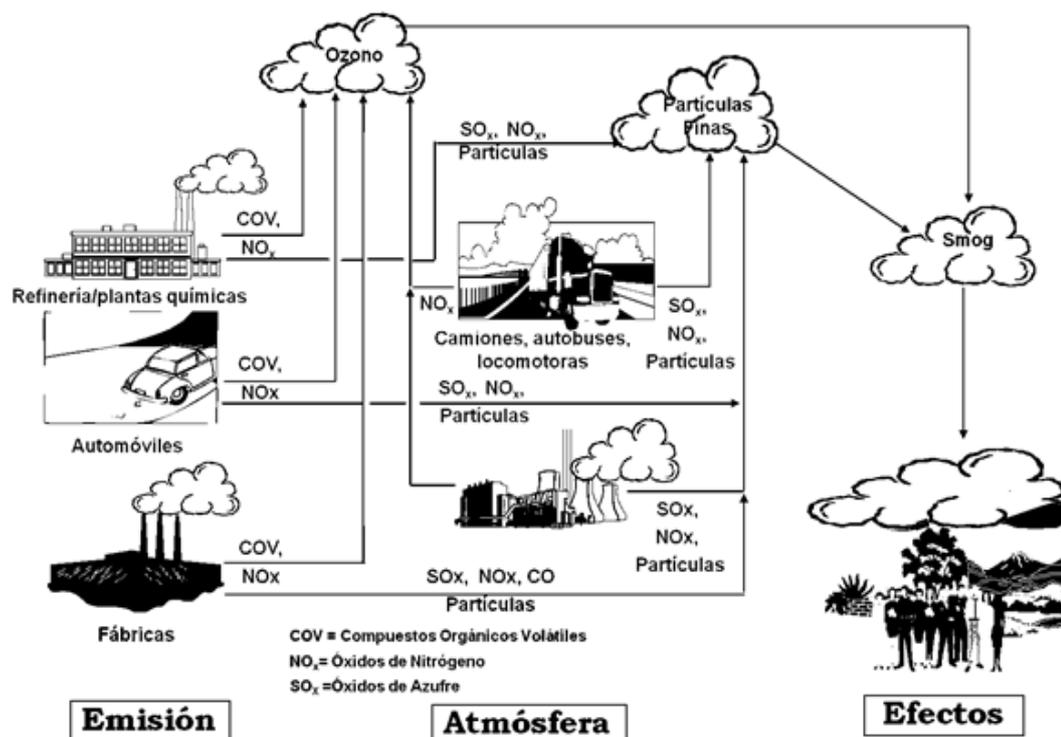
Se puede definir la contaminación ambiental como “La introducción o presencia de sustancia, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales, que esas sustancias interfieren con la salud y comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la Zona” (Albert,1995)

#### **2.4.2. Contaminación Atmosférica**

Presencia en la atmosfera de agentes químicos, biológicos y físicos, en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, seguridad y bienestar de la población, perjudiciales para la vida animal y vegetal o impidan el goce de propiedades.

- ✓ Contaminantes del aire:
  - Físicos
    - Ruido, radiación.
  - Químicos
    - Partículas, gases.
    - Primarios y Secundarios.
    - Orgánicos, Inorgánicos.
  - Biológicos
    - Virus, Bacterias, Polen.

**Imagen N° 01: El fenómeno de la contaminación atmosférica.**



En la presente investigación se está considerando los contaminantes químicos (partículas, gases, primarios y secundarios).

**Tabla N°03:** Resumen de los contaminantes primarios de su permanencia, los efectos y consecuencias en la salud humana.

<b>Contaminante</b>	<b>Fuentes Antropogénicas</b>	<b>Permanencia</b>	<b>Efectos y Consecuencias</b>
CO	Combustión incompleta.	2 Meses	Enfermedades cardiovasculares
NO <sub>2</sub>	Significativo en la niebla fotoquímica y deposición de ácido.	1 Día	Problemas respiratorios
NO <sub>x</sub>	Provenientes de los tubos de escape de los vehículos, combustión.	1 Día	Efectos en salud y medio ambiente
SO <sub>2</sub>	Combustión de carbón y otros combustibles fósiles (con azufre).	De horas a días	Aumento de enfermedades respiratorias, precursor de lluvia ácida.
PM <sub>10</sub>	Combustión incompleta, tráfico, viviendas, incineración, minería, centrales térmicas.	5 a 10 días	Aumento de enfermedades respiratorias, visibilidad reducida
PM <sub>2.5</sub>	Quema de Combustible, escape de diésel.	5 a 10 días	Aumento de enfermedades respiratorias y cardiopulmonares, visibilidad reducida.

Contaminante	Fuentes Antropogénicas	Permanencia	Efectos y Consecuencias
Pb	Gasolina con plomo, pinturas, minería.	5 a 10 días	Daño hepático y cerebral, problemas de aprendizaje

En la presente investigación se consideró los parámetros establecidos en el EIA aprobado de la central hidroeléctrica.

En los parámetros de gases se consideraron los siguientes:

- **Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>):**

El dióxido de azufre es emitido principalmente en los procesos de combustión de combustibles que poseen niveles elevados de azufre. Es un gas ácido que es precursor de la formación de lluvia ácida (precipitación de SO<sub>2</sub> y sulfatos en las cuencas y ecosistemas).

- **Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S):**

El sulfuro de hidrógeno, a temperatura ambiente, es un gas incoloro, inflamable con un olor a huevos podridos. Bajo presión o a temperaturas por debajo de -60°C es un líquido claro, incoloro. Es moderadamente soluble en agua.

- **Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>):**

Es un gas tóxico, el cual puede tener efectos adversos crónicos y agudos y puede incrementar la frecuencia y seriedad de los síntomas de respiración baja (bronquitis). El dióxido de nitrógeno también se genera por oxidación del óxido nítrico (NO) en condiciones de alta humedad ambiental o con una actividad fotoquímica relevante.

- **Monóxido de Carbono (CO):**

Es un gas que no se puede ver ni oler, pero que puede causar la muerte cuando se lo respira en niveles elevados. El CO se produce cuando se queman materiales combustibles.

En los parámetros de partículas se consideraron los siguientes:

- **PM<sub>2.5</sub>**: Son aquellas partículas menores y que llegan a medir 2.5 micras
- **PM<sub>10</sub>**: Partículas que llegan a medir hasta 10 micrómetros en tamaño
- **Plomo PM<sub>10</sub>**: Son las partículas de plomo con una medida máxima de 10 micrómetros

El análisis de estos parámetros meteorológicos nos muestra la transferencia de las propiedades climáticas que intervienen en la dispersión de los contaminantes, se consideraron los siguientes:

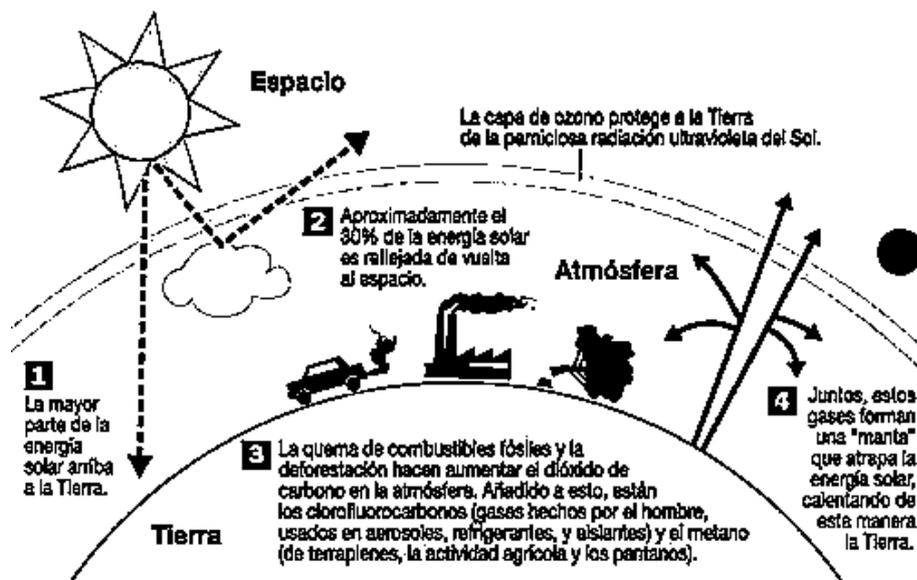
- Temperatura
- Humedad Relativa
- Velocidad
- Dirección del viento

#### **2.4.2.1. Gases de efecto Invernadero**

Gases en la atmosfera que absorben la radiación de onda larga emitida por la superficie de la tierra y que es remitida de regreso hacia la superficie, produciendo el efecto invernadero. Gases de efecto invernadero: Vapor

de agua (H<sub>2</sub>O), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>), Clorofluorocarbonos (CFCs)

**Imagen N°02: El efecto invernadero**



### 2.4.3. Calidad Ambiental del Aire

Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente así como la salud de las personas.

#### 2.4.3.1. Factores que influyen la calidad del Aire

Volumen de Emisiones Contaminantes del día:

- La cantidad y calidad de combustibles consumidos.
- Las tecnologías de combustión.
- Emisiones.

Las condiciones meteorológicas del día:

- Radiación solar (Grado de Nubosidad).
- Humedad Relativa y precipitación.
- Dirección y velocidad del viento.
- Intensidad de la inversión térmica.

La acumulación de contaminantes del día anterior.

La llegada de contaminantes de zonas aledañas.

#### **2.4.3.2. Fuentes de Calidad Ambiental del Aire**

##### **a) Fuentes de Contaminación en el Aire por la Construcción de la central hidroeléctrica**

**Fuentes Fijas:** Son las instalaciones establecidas permanentemente en un solo lugar y que debido a la naturaleza de las actividades que realizan descargan contaminantes a la atmosfera.

En la etapa de construcción se identifica como fuente de contaminación fija los depósitos de material excedente, canteras, etc.

**Fuentes Móviles de Combustión:** Son aquellas Fuentes movible o que se encuentran en movimiento o que pueden ser trasladadas a otras zonas.

En la construcción de la central hidroeléctrica se identifican fuentes móviles, como son vehículos de carga (retroexcavadoras, tolvas, etc), y vehículos livianos con motores a gasolina y motores diésel.

## **b) Fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos**

### **Fenómenos Naturales:**

- Fenómenos Geo-Químicos
  - Llovizna de los océanos y grandes lagos.
  - Volcanes.
  - Polvo transportado por el viento.
  
- Fenómenos Biológicos
  - Des nitrificación Bacteriana.
  - Putrefacción de materia orgánica.
  
- Fenómenos Atmosféricos
  - Rayos

### **Actividades Humanas:**

- Quema de biomasa.
- Producción de energía eléctrica.
- Fertilización y cultivo de suelo.
- calentadores de agua y del ambiente.
- Incineradores.
- Procesos Industriales.
- Tráfico Vehicular.

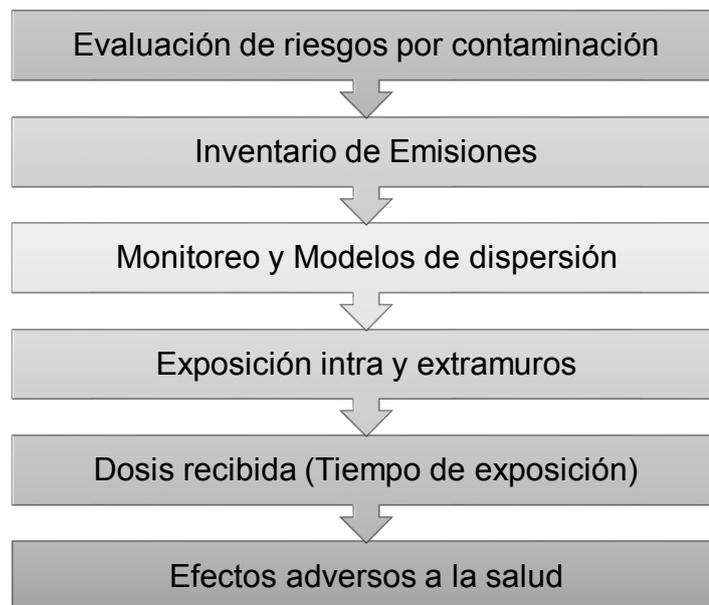
#### **2.4.4. Evaluación de la calidad ambiental del aire**

La evaluación de la calidad del aire se define como cualquier método utilizado para medir, calcular, predecir o estimar las concentraciones de un contaminante en el aire ambiente o su depósito en superficies en un momento determinado.

Los objetivos de la evaluación de la calidad del aire son obtener información comparable sobre la situación de la calidad del aire en todo el territorio nacional, suministrar información sobre las medidas a tomar y su efecto y ofrecer información al público.

La evaluación se realiza mediante mediciones de una serie de puntos de muestreo que se consideran representativos de cada zona. En algunos casos la evaluación se realiza o complementa mediante el uso de otras técnicas como puede ser la modelización, estimación objetiva etc.

#### **Grafico N°01: Evaluación de riesgos por contaminación**



#### **2.4.4.1. Muestreo de la Calidad del Aire**

"Sistema continuo de observación de medidas y evaluaciones para propósitos definidos; el monitoreo es una herramienta importante en el proceso de evaluación de impactos ambientales y en cualquier programa de seguimiento y control" (Sors, 1987).

"El monitoreo ambiental no es un fin por sí mismo, sino un paso esencial en los procesos de administración del ambiente" (Rockefeller Foundation, 1977).

Según estas definiciones, se puede observar la importancia que actualmente tiene el monitoreo en los diversos procesos de la actividad humana; y como se menciona, es una herramienta fundamental dentro del desarrollo o procedimientos, para el control de los parámetros y variación de los mismos.

El propósito de realizar el muestreo es analizar la calidad del aire ambiental generando información confiable, comparable y representativa, para su aplicación en las estrategias nacionales para la protección de la salud de la población y entorno.

En el presente estudio se consideran los puntos de muestreo con respecto al acceso a la zona de muestreo, zonas de mayor actividad, en los cuales se planteó evaluar los siguientes parámetros de medición en la calidad ambiental del aire, emisiones gaseosas como son Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ); Sulfuro de Hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ); Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ); Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ); y material particulado menor a 2.5 micras ( $\text{PM}_{2.5}$ ), material particulado menor o igual a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ) y metales pesados (Plomo) medido en material particulado menor o igual a 10 micras.

#### 2.4.4.2. Evaluación De Los Parámetros Meteorológicos

La evaluación de parámetros meteorológicos, nos muestra la expansión y dispersión de los contaminantes a través de la observación y análisis del comportamiento del sistema climatológico del distrito de Machu Picchu, debido a la construcción de una Central Hidroeléctrica en la zona antes mencionada, en la medición de los parámetros meteorológicos se consideró lo siguiente: temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento, dirección del viento. Para el caso del análisis del comportamiento del viento, y así tener una mejor representatividad grafica de este, es necesario el uso del soporte de un software, a continuación se describe el software y su manejo.

WRPLOT View 7.0.0 (Análisis del comportamiento del viento con el soporte del software)

El software WRPLOT View 7.0.0, es un programa de libre descarga distribuido por el EPA , sirve para la interpretación de variables meteorológicas enfocadas a la dirección del viento; este software genera graficas a las que se denominan “*rosas de vientos*”, en dicha grafica se presentan la procedencia de los vientos (es decir la dirección desde donde soplan), un rango de velocidades; el software nos proporciona una gráfica estadística de frecuencia de distribución de clases de viento (clases o tipos de viento versus su porcentaje), y un cuadro de frecuencia de distribución y cuadro de conteo de frecuencia; la versión del software WRPLOT View 7.0.0 también permite exportar la rosa de vientos a *google earth* ingresando la latitud y la longitud o también ingresando las coordenadas UTM.

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

De acuerdo al propósito, a la naturaleza del problema y objetivos formulados el presente estudio es una investigación de tipo aplicada cuantitativo, que se apoya en conocimientos relacionados al monitoreo y evaluación ambiental de la calidad del aire.

Longitudinal: porque compara los datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos temporales con el objetivo de analizar los cambios de las concentraciones en los parámetros (gases y material particulado)

##### **3.1.2. Nivel de la Investigación**

El presente estudio tiene un nivel de investigación de tipo Cuantitativo, de orden descriptivo; se encuentra a nivel descriptivo por llevar a comprender la descripción, registro, análisis e interpretación de las condiciones existente en el momento.

#### **3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación tiene un método científico de tipo empírico por considerar el análisis y evaluación de sus resultados y herramientas.

### 3.2.1. Evaluación del impacto Ambiental

Para la selección de los métodos de evaluación del impacto ambiental en la calidad del aire por la construcción de una central hidroeléctrica en el distrito de Machi Picchu, se consideró algunas características en los métodos adoptados, los cuales comprenden los siguientes aspectos:

1. Deben ser adecuados a las tareas que hay que realizar como la identificación de impactos o la comparación de opciones.
2. Ser lo suficientemente independientes de los puntos de vista personales del equipo evaluador y sus sesgos.
3. Ser económicos en términos de costes y requerimiento de datos, tiempo de aplicación, cantidad y tiempo de personal, equipo e instalaciones.

Considerando las características anteriores, se estimó el uso del Método de Leopold y la Matriz de Importancia, a continuación una breve descripción:

- **Método de Leopold**

Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos, inicialmente fue diseñado para evaluar los impactos asociados con proyectos mineros y posteriormente ha resultado útil en proyectos de construcción de obras. Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen 100 posibles acciones proyectadas y 88 factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto (Leopold et al., 1971).

El método de Leopold es esencialmente un método de identificación y puede ser usado como un método de resumen para la comunicación de resultados.

Para la utilización de la Matriz de Leopold, el primer paso consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual, se deben de tomar en cuenta todas las actividades que pueden tener lugar debido al proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción.

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores:

1. **Magnitud:** *valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala;* se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.
2. **Importancia:** *valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto,* se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también del 1 al 10 en orden creciente de importancia.

Una vez llenas las cuadrículas el último paso consiste en evaluar o interpretar la calificación numérica.

- **Matriz de Importancia**

La determinación de la *importancia* de un impacto es una medida cualitativa del mismo, que se obtiene a partir del grado de incidencia (*Intensidad*) de la alteración producida, y de una caracterización del efecto. En la metodología *crisp* se propone calcular la *importancia* de los impactos siguiendo la expresión:

$$I = NA (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Los valores numéricos que se asignan a las variables, es según la valoración cualitativa correspondiente. Cada Impacto podrá clasificarse de acuerdo a su importancia “I” como:

- Irrelevante o Compatible : 0 ≤ I ≤ 25
- Moderado : 25 ≤ I ≤ 50
- Severo : 50 ≤ I ≤ 75
- Crítico : 75 ≤ I

**Tabla N°04: Descripción Cualitativa**

<b>Naturaleza</b>		<b>Intensidad (In)</b>	
Impacto beneficioso	+	<b>Grado de destrucción</b>	
Impacto perjudicial	-	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
<b>Extensión (Ex)</b>		<b>Momento (Mo)</b>	
<b>(Área de influencia)</b>		<b>(Plazo de manifestación)</b>	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extensa	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	(+4)
Critica	(+8)		
<b>Persistencia (Pe)</b>		<b>Reversibilidad (Rv)</b>	
<b>(Permanencia del efecto)</b>			
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
<b>Sinergia (Si)</b>		<b>Acumulación (Ac)</b>	
<b>(Regularidad de manifestación)</b>		<b>(Incremento progresivo)</b>	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
<b>Efecto (Ef)</b>		<b>Periodicidad (Pr)</b>	
<b>(Relación causa – efecto)</b>		<b>(Regularidad de manifestación)</b>	
Indirecto (secundario)		Irregular y discontinuo	
Directo		Periódico	
		Continuo	
<b>Recuperabilidad (Mc)</b>		<b>Importancia (I)</b>	
<b>(Reconstrucción humana)</b>		$I = \pm(3In + 2Ex + Mo + Pe + Rv + Si + Ac + Ef + Pr + Mc)$	
Recuperación Inmediata	1		
Recuperación medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Para realizar el análisis de la concentración de los contaminantes se empleó:

**Tabla N° 05: Resumen de las Metodologías Aplicadas**

PARÁMETROS	METODOLOGÍA	LÍMITE DETECCIÓN	ACREDITACIÓN
Partículas Menores 10u (Filtro Alto Volumen)	Electronic EPA 40 CFR Part 50 Appendix J 1990 Reference Method for the Determination of particulate Matter as PM10 in the Atmosphere	1 ug/m <sup>3</sup>	ISO 17025
Partículas menores a 2.5 micras (PM-2.5)	EPA 40 CFR Part 50 Appendix L Reference Method for the Determination of particulate Matter as PM2.5 in the Atmosphere	2 ug/m <sup>3</sup>	ISO 17025
Dióxido de Azufre (Calidad de aire)	Electronic EPA 40 CFR Part 50 Appendix A 1982 Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method)	13 ug/m <sup>3</sup>	ISO 17025
Monóxido de Carbono, CO	Determinación del monóxido de carbono contenido en la atmosfera (método manual – turbidímetro)	335 ug/m <sup>3</sup>	ISO 17025
Dióxido de Nitrógeno (Calidad de Aire)	Sgs-envidiv-me-13 r00; 2010 determinación del dióxido de nitrógeno – calidad de aire (método del arsenito de sodio).	4 ug/ m <sup>3</sup>	-
Sulfuro de Hidrogeno (Calidad de Aire)	Sgs-envidiv-me-01:2002. rev01. determinación de sulfuro de hidrógeno en aire	1.9 ug/m <sup>3</sup>	ISO 17025
Plomo (Filtro alto volumen)	EPA 1999 Compendium of Methods for Determination of Metals Inorganic Compounds in Ambient Air. Determination of Metals in ambient Particulate Matter using Atomic Absortion (AA) Spectroscopy.	Pb:0.0006 µg/m <sup>3</sup>	ISO 17025

Para la medición de los parámetros meteorológicos se utilizó los siguientes métodos:

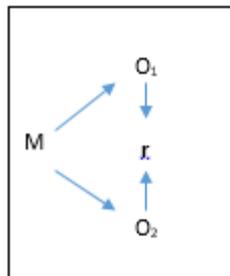
**Tabla N°06**

**Metodología Aplicada para la medición de parámetros meteorológicos**

Parámetros	Metodología	Límite detección
Parámetros Meteorológicos	Estación Meteorológica	RES: T° 0.1°C / P 0.1 mBar / Humedad 1% / Vel Viento 0.1 kph / Dir. Viento 1°

**3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

Para el diseño de la investigación, se ha empleado un diseño por variables conforme al esquema siguiente:



- Donde:
- M = Muestra
  - O<sub>1</sub> = Observación de la V.1. (Variable 1)
  - O<sub>2</sub> = Observación de la V.2. (Variable 2)
  - r = Correlación entre variables

### **3.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.4.1. Hipótesis General**

Es posible evaluar el impacto ambiental sobre la calidad del aire por el proyecto de construcción de una Central Hidroeléctrica en el distrito de Machi Picchu.

#### **3.4.2. Hipótesis Específicas**

- Es posible determinar la afectación de la calidad ambiental del aire para los parámetros PM10 y PM 2.5 por el proyecto de construcción de una central hidroeléctrica.
- Es posible determinar la afectación de la calidad ambiental del aire respecto a los parámetros de metales pesados (Plomo) por el proyecto de construcción de una central hidroeléctrica.
- Es posible determinar la afectación de la calidad ambiental del aire respecto a los parámetros gaseosos (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) por el proyecto de construcción de una central hidroeléctrica.

### **3.5. VARIABLES**

#### **3.5.1. Variable Independiente**

##### **A. Descripción.**

Parámetros Meteorológicos, así como son la temperatura, velocidad del viento, dirección del viento, humedad relativa, presión atmosférica.

## **B. Indicadores.**

Los Parámetros Meteorológicos son medidos con las siguientes unidades de medición:

- Temperatura (grados Centígrados “ °C ”)
- Velocidad viento (m/s)
- Dirección del viento
- Humedad Relativa (%)
- Presión Atmosférica

### **3.5.2. Variable Dependiente**

#### **A. Descripción**

Concentración de Contaminante atmosféricos generados por las actividades en la construcción de la central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu-Cusco, así como son: Material Particulado, Emisiones Gaseosas, Metales pesados (Plomo).

#### **B. Indicadores.**

- PM ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
- Importancia del impacto

La unidad de medición de la concentración de los contaminantes atmosféricos son:

Material Particulado

- $\text{PM}_{10}$  ( $\text{ug}/\text{m}^3$ )
- $\text{PM}_{2,5}$  ( $\text{ug}/\text{m}^3$ )
- Material Particulado (Plomo) ( $\text{ug}/\text{m}^3$ )

#### Gases

- CO (ug/m<sup>3</sup>)
- NO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)
- SO<sub>2</sub> (ug/m<sup>3</sup>)
- H<sub>2</sub>S (ug/m<sup>3</sup>)

La importancia del impacto ambiental en la calidad del aire por el proyecto de construcción de la central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu-Cusco, es evaluada según la matriz de Leopold en la cual se califica la magnitud y su importancia; también se evalúa los impactos de la contaminación de los gases, material particulado y de metales pesados por medio de la matriz de importancia de impactos, en el cual se hace una caracterización cualitativa de los efectos.

### **3.6. COBERTURA DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.6.1. Universo.**

El universo de la investigación abarca el área de la construcción de la central hidroeléctrica y del área de influencia.

#### **3.6.2. Población.**

La construcción de la central hidroeléctrica se encuentra dentro del distrito de Machu Picchu, Provincia del Urubamba, distrito de Santa Teresa, Provincia de la Convención en el Departamento de Cusco.

#### **3.6.3. Muestra.**

Análisis y evaluación del impacto ambiental a la calidad del aire.

La muestra de la investigación abarca el área de la construcción de la central hidroeléctrica y del área de influencia.

### **3.7. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.7.1. Técnicas de la Investigación.**

Para el desarrollo de presente investigación, es el análisis y la evaluación de la Calidad Ambiental del aire se utilizó la recolección de data por medio del monitoreo del aire y meteorológica.

#### **3.7.2. Instrumentos de la Investigación.**

En la presente investigación se hizo uso de equipos de muestreo, informes de ensayo (informes de análisis de laboratorio), cadenas de custodia, cartas de registro de los Muestreadores).

Como parte de los instrumentos en la presente investigación se hizo uso de equipos de monitoreo con su respectivo método por parámetro.

##### **a) Equipos utilizados en el Muestreo:**

A continuación se explica el método utilizada por cada parámetro (material particulado, gases, y para la medición de parámetros meteorológicos)

## **Material Particulado**

- **Partículas: PM-10**

El método aplicado se basó en lo señalado en EPA 40 CFR Part 50 Appendix J 1990 - Method for the Determination of Particulate Matter as PM-10 in the Atmosphere. El equipo utilizado para el monitoreo corresponde al Muestreador de Alto Volumen (HIGH-VOL) con control de flujo volumétrico, marca Graseby. Que cuenta con un calibrador para Muestreadores de Alto Volumen que funciona con sistema de variación de flujo, con un rango entre 0.78 a 1.56 m<sup>3</sup>/min, marca Tisch, modelo, el cual es verificado en las instalaciones de SGS antes de realizar el monitoreo. Además se dispone de los respectivos manómetros de columna en U marca Dwyer. La colección de muestras (filtros de fibra de cuarzo), se realizó al finalizar el tiempo de muestreo de 24 horas.

Cabe señalar que el método de muestreo se encuentra acreditado por INDECOPI.

- **Partículas: PM2.5**

El método aplicado se basó en lo señalado en EPA CFR 40 Appendix L to Part 50 Reference Method for the determination of fine Particulate matter as PM2.5 in the atmosphere. El equipo utilizado para el monitoreo corresponde al Muestreador de partículas de bajo volumen PM 2.5 marca THERMO SCIENTIFIC modelo 2000 funciona con un flujo de 5 a 18 L/min, La colección de muestras (filtros de fibra de cuarzo), se realizó al finalizar el tiempo de muestreo de 24 horas.

- **Plomo, Pb**

El método de campo es el mismo empleado para determinar la concentración de partículas en suspensión (PM-10). El filtro de fibra de cuarzo de 8" x 10" permite en el laboratorio la determinación analítica de estos elementos.

### **Gases (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, CO)**

Se aplicó el sistema de muestreo dinámico, compuesto por una solución captadora específica, frasco burbujeador y bomba de succión.

#### Equipos a Utilizar

- Bombas Elite 801
- Bomba regulable marca HAILEA, modelo ACO 9610, con salida de 10 L/MIN minuto.
- Rotámetro Marca Dwyer Instruments, de 0 a 4LPM, Modelo VFB-65
- Frascos Dreschell Porosos (**NO<sub>2</sub>**)
- Frascos Dreschel Simples (**SO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>S,CO**)
- Mangueras Tipo Tygon
- Embudo de vidrio (toma muestra)

### **Parámetros meteorológicos**

El registro de los parámetros meteorológicos se realizó con la estación portátil implementada con sensores y registradores marca Davis Vantage Pro 2 en la central hidroeléctrica, la estación meteorológica registró valores horarios de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de viento, presión atmosférica.

A continuación en la siguiente tabla N°07 se presenta la descripción de los equipos empleados.

**Tabla N° 07**  
**Descripción del equipo de medición de la Estación Meteorológica**

Equipo	Marca del Equipo	Modelo	Rango de Medición	Exactitud	Resolución
Estación Meteorológica	Davis	Vantage Pro 2 Plus	Temperatura - 45 a 65 °C	+/- 0.5 °C	0.1 °C
			Presión 880 a 1080 mBar	+/- 1.7 mBar	0.1 mBar
			Humedad 0 – 100 %	+/- 5%	1%
			Velocidad de vientos 0 a 282 kph	+/- 5%	0.1 kph
			Dirección de vientos Incrementos de 1° ó 10°	+/- 7°	1°

- **Evaluación del comportamiento del viento con el soporte del software WRPLOT View 7.0.0**

El software WRPLOT View 7.0.0, es un programa de libre descarga distribuido por el EPA, sirve para la interpretación de variables meteorológicas enfocadas a la dirección del viento; este software genera graficas a las que se denominan “*rosas de vientos*”, en dicha grafica se presentan la procedencia de los vientos (es decir la dirección desde donde soplan), , un rango de velocidades; el software nos proporciona una gráfica estadística de frecuencia de distribución de clases de viento (clases o

tipos de viento versus su porcentaje), y un cuadro de frecuencia de distribución y cuadro de conteo de frecuencia; la versión del software WRPLOT View 7.0.0 también permite exportar la rosa de vientos a *google earth* ingresando la latitud y la longitud o también ingresando las coordenadas UTM.

### **3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos.**

Se empleó como fuentes directas de información obtenida de los monitoreos y los informes de ensayo.

Se empleó la normativa vinculada como: Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM “Estándares Nacionales de Calidad de Aire”; Decreto Supremo N°074-2001 PCM “Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire.”

## **3.8. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN.**

### **3.8.1. Estadísticos.**

Se realizaron graficas de barras como parte del análisis de las fluctuaciones en las concentraciones de los gases y partículas, y parámetros meteorológicos.

Se complementó la matriz de Leopold para el análisis de la Calidad Ambiental para la fase de construcción en relación al componente aire

### **3.8.2. Representación.**

Informes emitidos por el laboratorio y observaciones vistas en campo durante el monitoreo.

### **3.8.3. Comprobación de la hipótesis.**

La comprobación de la hipótesis se realizó mediante la comparación de los niveles de concentración de los contaminantes con respecto a la normativa vigente y mediante el empleo de las matrices de Leopold y matriz de importancia.

# CAPÍTULO IV

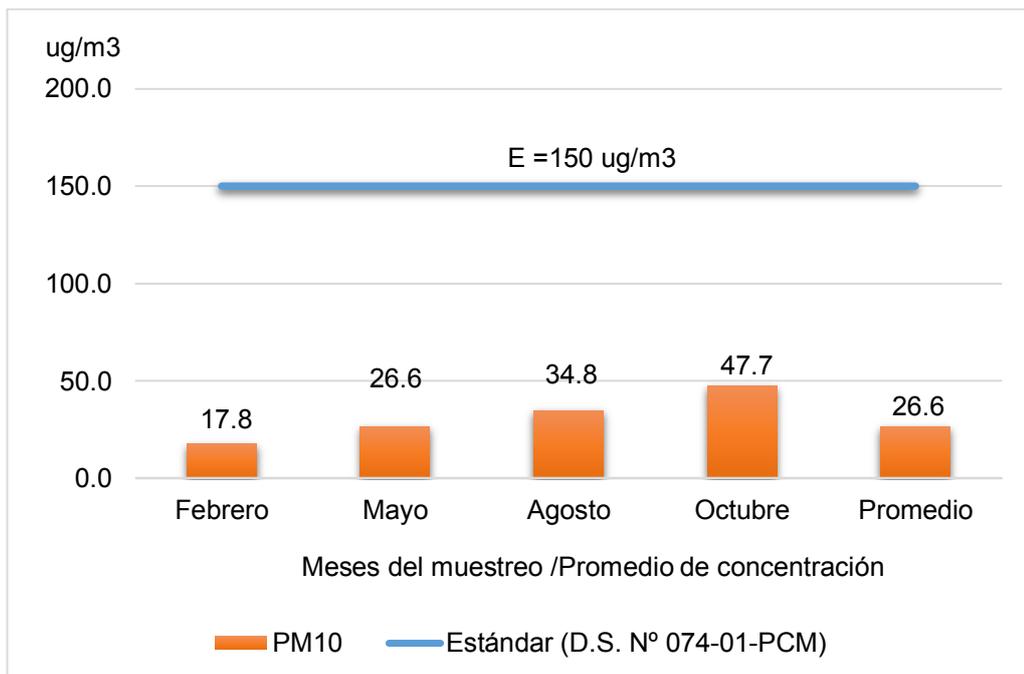
## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.1.1. Resultados parciales.

- a) Determinar las concentraciones de material particulado (PM10 y PM 2.5), por la construcción de una central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu.

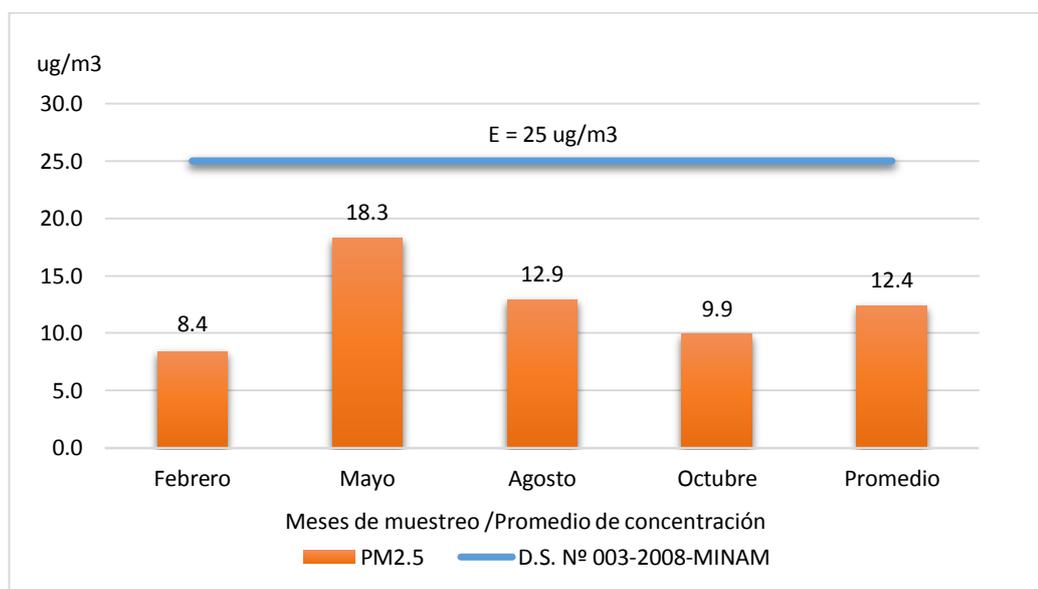
**Gráfico N° 02: Concentración de Material Particulado con diámetro menor o igual a 10 micrómetros (PM-10)**



De los datos representados en la gráfica se observa que las concentraciones de Materia Particulado a 10 micrómetros (PM-10), en el mes de febrero se tiene 17.8 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de mayo se tiene 26.6 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de Agosto se tiene 34.8 ug/m<sup>3</sup>, para el mes de Octubre se tiene 47.7 ug/m<sup>3</sup>,

como promedio de las concentraciones de los meses se obtuvo 26.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , los resultados del muestreo demuestran que estos no superan el estándar de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el Decreto Supremo N° 074-01-PCM.

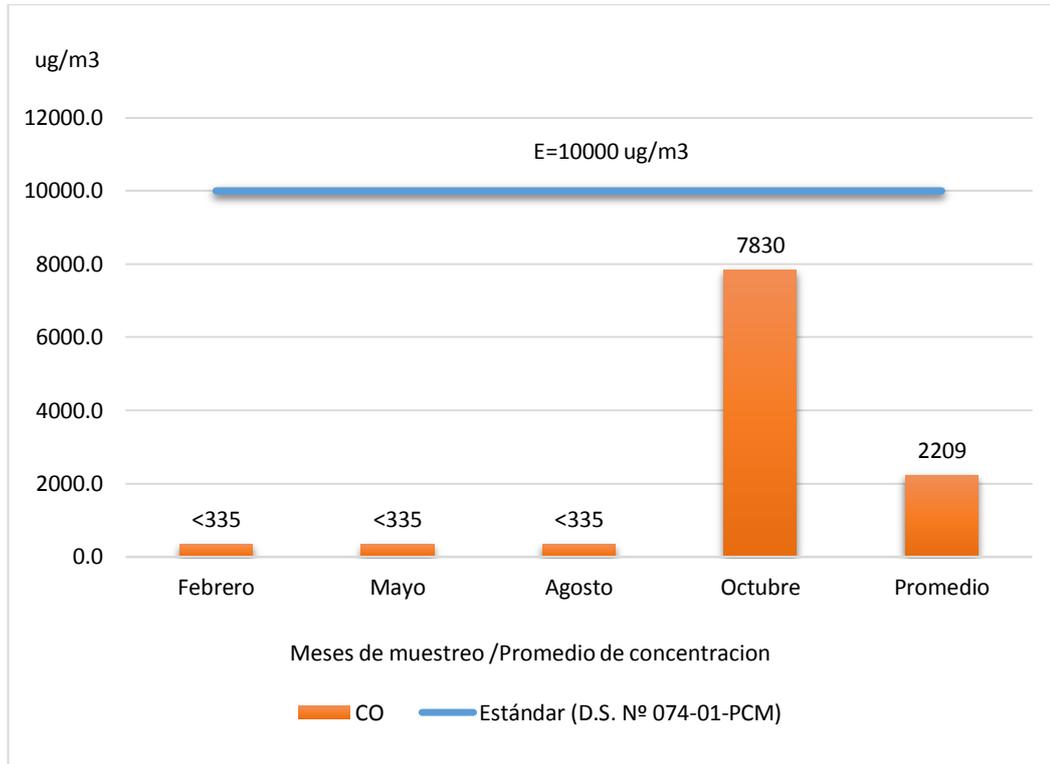
**Gráfico N° 03: Concentración de Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM 2.5)**



De los datos representados en la gráfica se observa que las concentraciones de Materia Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM<sub>2,5</sub>), en el mes de febrero se tiene 8.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el mes de mayo se tiene 18.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el mes de Agosto se tiene 12.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para el mes de Octubre se tiene 9.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , como promedio de las concentraciones de los meses se obtuvo 12.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , los resultados del muestreo demuestran que estos no superan el estándar de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM.

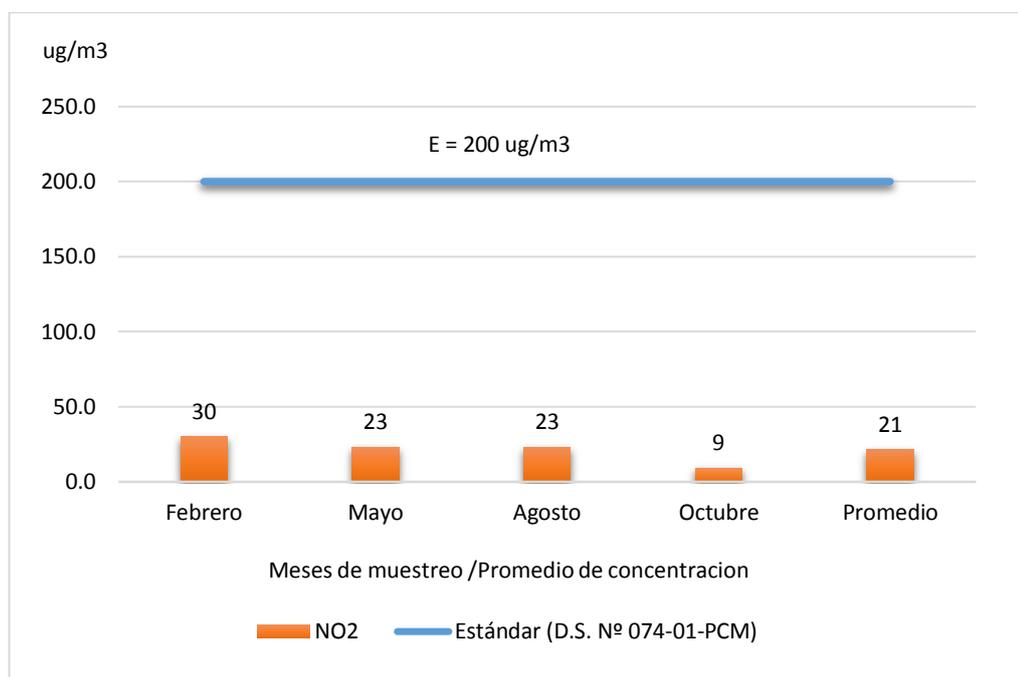
- b)** Determinar las concentraciones de gases, por la construcción de una central hidroeléctrica en el distrito de Machu Picchu.

**Gráfico N° 04: Concentración de Monóxido de Carbono (CO)**



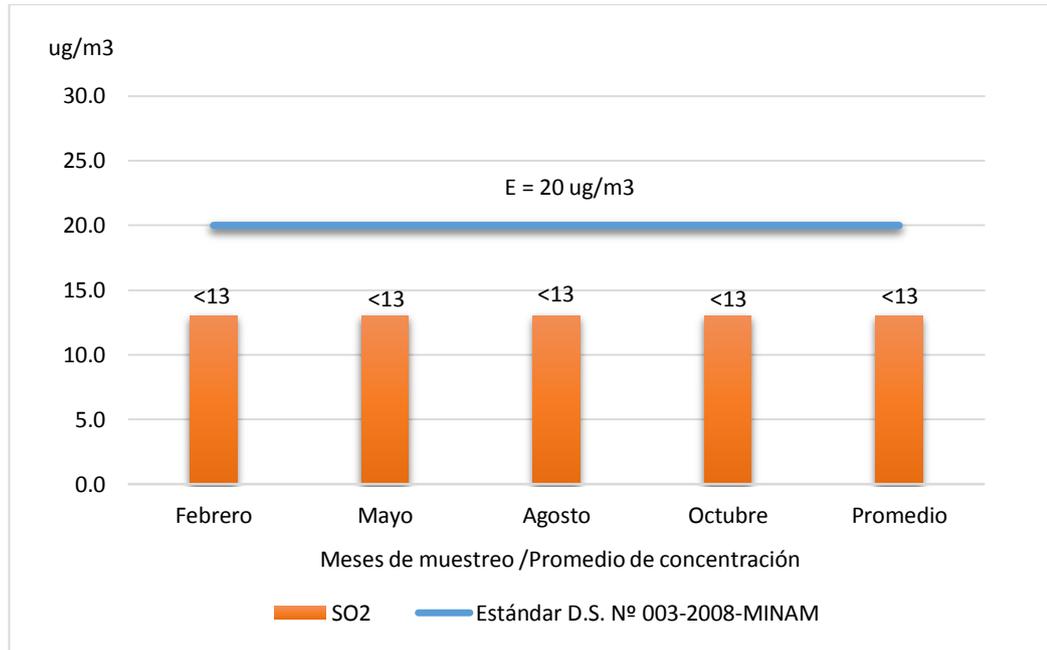
De los datos representados en la gráfica se observa que las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), en el mes de febrero se tiene <335 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de mayo se tiene <335 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de Agosto se tiene <335 ug/m<sup>3</sup>, para el mes de Octubre se tiene 7830 ug/m<sup>3</sup>, como promedio de las concentraciones de los meses se obtuvo 2209 ug/m<sup>3</sup>, los resultados del muestreo demuestran que estos no superan el estándar de 10000 ug/m<sup>3</sup> establecido en el Decreto Supremo N° 074-01-PCM.

**Gráfico N° 05: Concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**



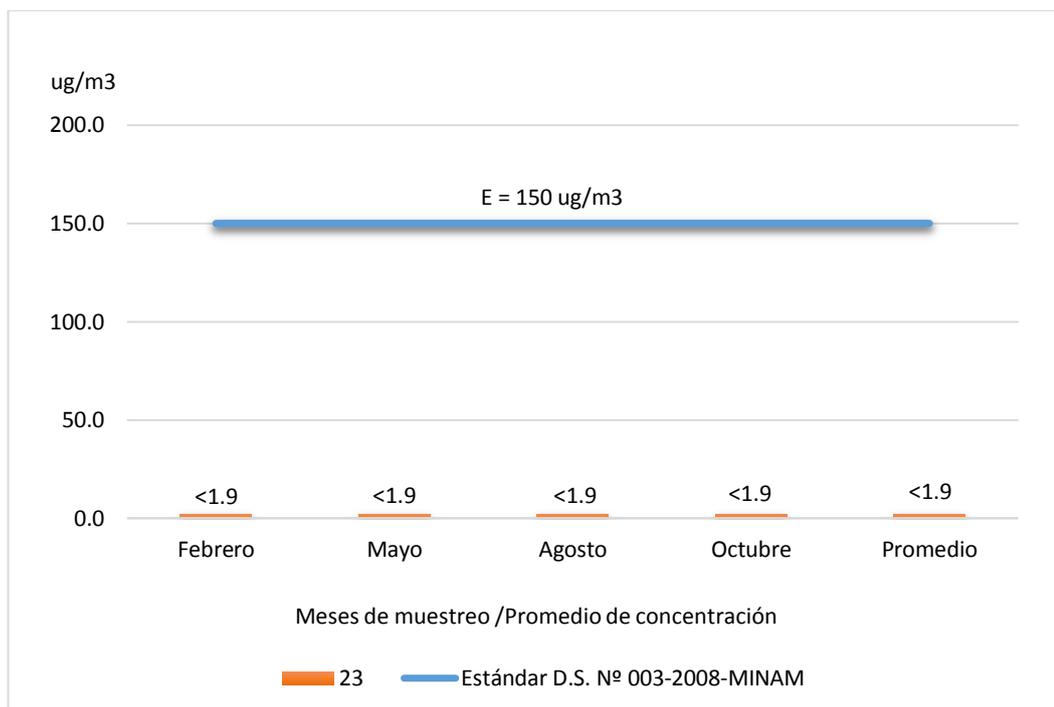
De los datos representados en la gráfica se observa que las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), en el mes de febrero se tiene 30 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de mayo se tiene 23 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de Agosto se tiene 23 ug/m<sup>3</sup>, para el mes de Octubre se tiene 9 ug/m<sup>3</sup>, como promedio de las concentraciones de los meses se obtuvo 21 ug/m<sup>3</sup>, los resultados del muestreo demuestran que estos no superan el estándar de 200 ug/m<sup>3</sup> establecido en el Decreto Supremo N° 074-01-PCM.

**Gráfico N° 06: Concentración de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**



De los datos representados en la gráfica se observa que las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), en el mes de febrero se tiene < 13 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de mayo se tiene <13 ug/m<sup>3</sup>, en el mes de Agosto se tiene <13 ug/m<sup>3</sup>, para el mes de Octubre se tiene <13 ug/m<sup>3</sup>, como promedio de las concentraciones de los meses se obtuvo <13 ug/m<sup>3</sup>, los resultados del muestreo demuestran que estos no superan el estándar de 20 ug/m<sup>3</sup> establecido en el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM.

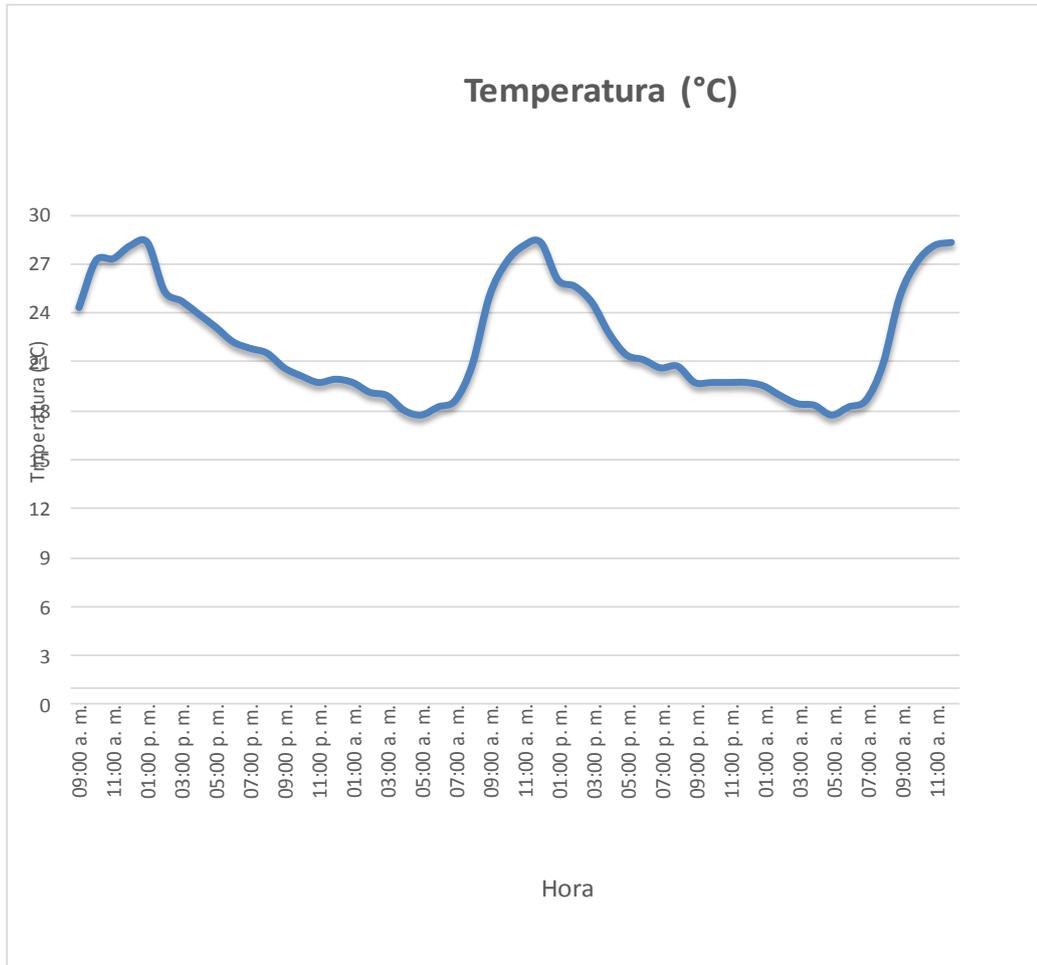
**Gráfico N° 07: Concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)**



De los datos representados en la gráfica se observa que las concentraciones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), en el mes de febrero se tiene  $<1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el mes de mayo se tiene  $<1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en el mes de Agosto se tiene  $<1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , para el mes de Octubre se tiene  $<1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , como promedio de las concentraciones de los meses se obtuvo  $<1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , los resultados del muestreo demuestran que no superan el estándar de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM.

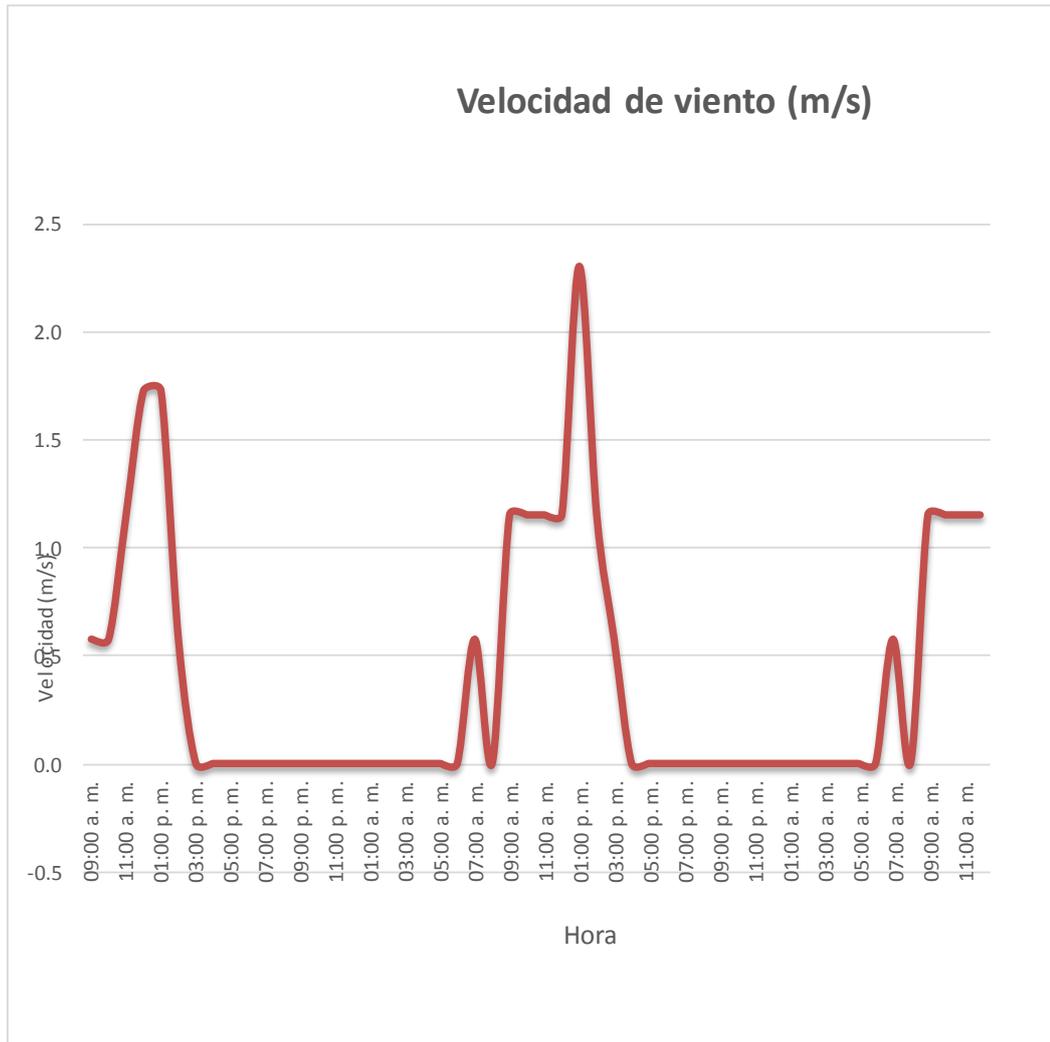
#### 4.1.1.1. Reportes meteorológicos.

Grafica N° 08: Ciclo de temperatura en la estación M1



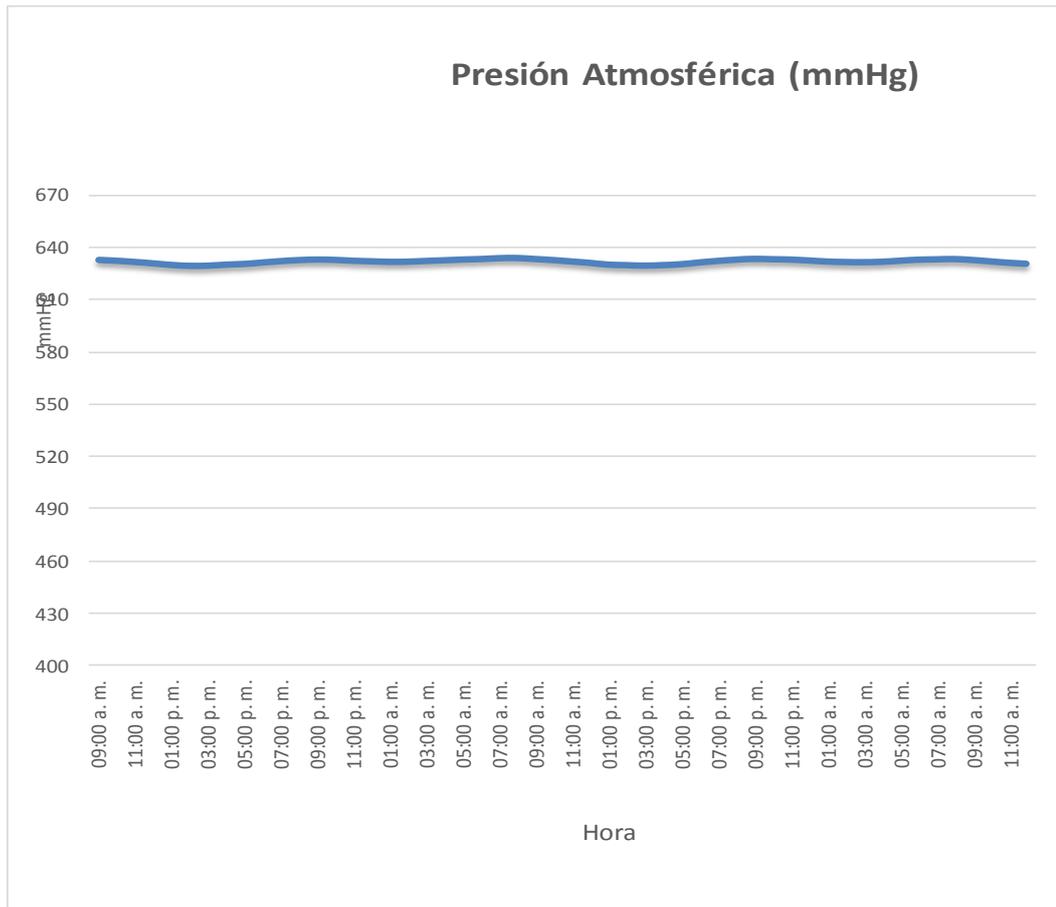
De los datos representados en la gráfica se registró la data y reportó una variación de las temperaturas entre 17.7 °C a 28.3 °C obteniéndose un promedio de 22.3 °C.

**Grafica N° 09: Ciclo de Velocidad del viento en la estación M1**



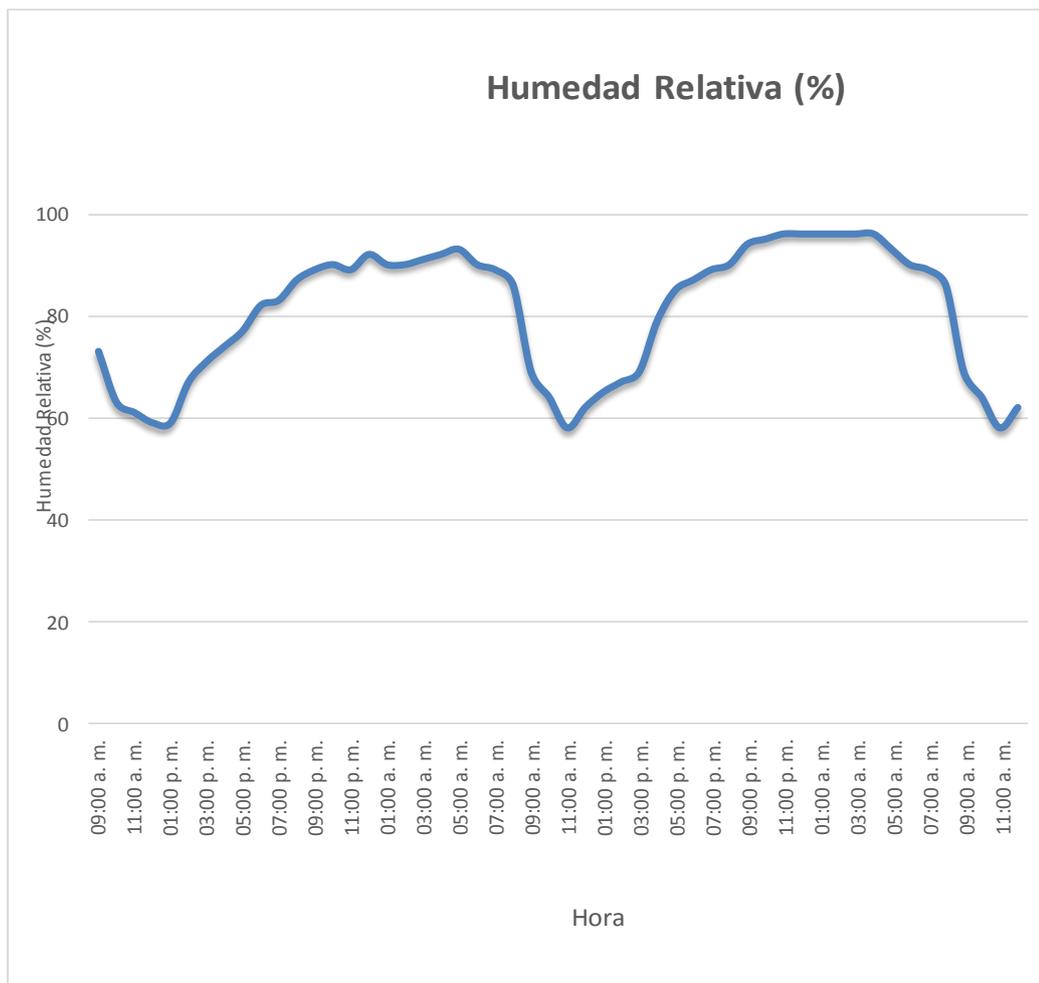
De los datos representados en la gráfica predominan los vientos que vienen de Oeste (W), la velocidad varía entre 0 m/s a 2.3 m/s obteniéndose una velocidad promedio de 0.4 m/s; lo que indica que el material particulado se dirige al Este.

**Grafica N°10: Ciclo de Presión Atmosférica en la estación M1**



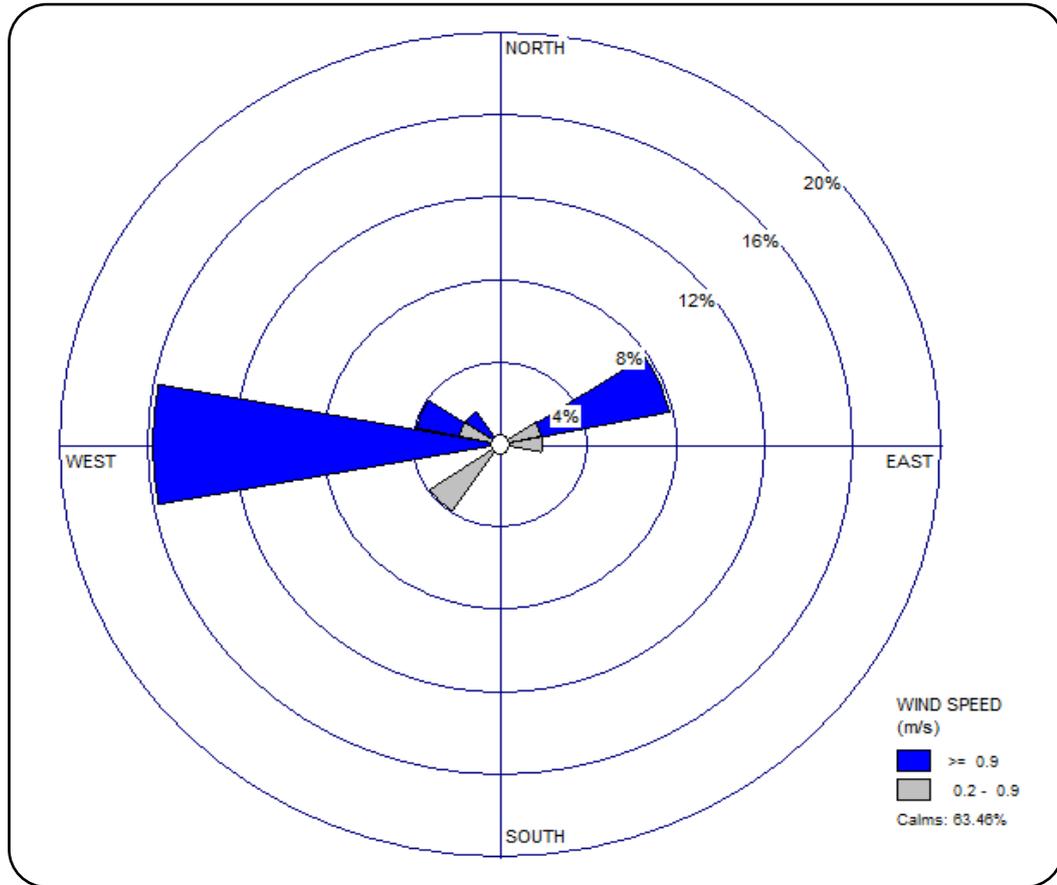
De la gráfica se observa que se registró una variación entre 629.4 a 633.9 mmHg obteniéndose un promedio de 631.9 mmHg.

**Grafica N° 11: Ciclo de Humedad Relativa en la estación M1**



De la gráfica se observa una variación entre 58 % a 96 % obteniéndose un promedio de Humedad relativa de 80.7 %.

**Grafica N° 12: Rosa de vientos de la estación meteorológica M-1**



De lo representado en la gráfica de la rosa de vientos de la estación meteorológica se observa la procedencia de vientos del Este, con dirección al Oeste, con pequeñas desviaciones de vientos hacia Noroeste y hacia el Noreste. Se estima de la gráfica que debido al comportamiento del viento, el material particulado y los gases son transportados hacia el Este, con un porcentaje decreciente del 16%.



El impacto ocasionado a la calidad ambiental del aire es calificado como de mediana significancia

**Tabla N° 09: Matriz de Importancia**

IMPACTO	VALORACIÓN												
	Signo	Ih	Ex	Mo	Pe	Rv	Re	Si	Ac	Ef	Pr	Importancia	Denominación
Contaminación por PM 10	-	3	2	2	2	1	4	2	1	4	2	31	Moderado
Contaminación por PM2,5	-	3	2	2	2	1	4	2	1	4	2	31	Moderado
Contaminación por Plomo	-	3	2	4	2	1	4	2	4	4	2	36	Moderado
Contaminación por CO	-	3	2	4	2	2	2	2	1	4	2	32	Moderado
Contaminación por NO2	-	3	2	4	2	2	2	2	4	4	2	35	Moderado
Contaminación por SO2	-	3	2	4	2	2	2	2	4	4	2	35	Moderado
Contaminación por H2S	-	3	2	4	2	2	2	2	4	4	2	35	Moderado

- ☒ Irrelevantes (<25) : 0
- ☒ Moderados (25-50) : 7
- ☒ Severos (50-75): 0
- ☒ Críticos (>75): 0
- ☒ **Total impactos: 7**

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

HIPOTESIS GENERAL	CONTRASTACION
<p>Es posible determinar y valorar el efecto de la contaminación del aire por la construcción de la Central Hidroeléctrica.</p>	<p>Se logró evaluar la calidad ambiental del aire y se realizó la valoración del efecto de la contaminación por la construcción de la central hidroeléctrica.</p>
HIPOTESIS ESPECIFICA	CONTRASTACION
<p>Es posible determinar la afectación de la calidad ambiental del aire para los parámetros PM10 y PM 2.5 por la construcción del proyecto de la central hidroeléctrica.</p>	<p>Los parámetros evaluados en material particulado se encuentran dentro de las norma, se identificó que el parámetro PM2.5 sobre pasa la norma.</p>
<p>Es posible determinar la afectación de la calidad ambiental del aire respecto a los parámetros de metales pesados (Plomo) por la construcción del proyecto de la central hidroeléctrica</p>	<p>Los parámetros evaluados en metales pesados se encuentran dentro de las norma. Por lo que hay existencia de afectación a la calidad ambiental del aire.</p>
<p>Es posible determinar la afectación de la calidad ambiental del aire respecto a los parámetros gaseosos (CO, NO2, SO2, H2S) por la construcción del proyecto de la central hidroeléctrica.</p>	<p>En comparación con los Estándares de Calidad Ambiental los parámetros se encuentran dentro de lo establecido en las normas.</p>

### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### a) **Concentración de SO<sub>2</sub>**

Las concentraciones de dióxido de azufre cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Aire según el D.S. N° 003-2008-MINAM los valores encontrados se encuentran por debajo del límite de detección no superan los 20 µg/m<sup>3</sup> que solicita la Norma. Genera impacto

#### b) **Concentración de H<sub>2</sub>S**

Las concentraciones de Sulfuro de azufre cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Aire según el D.S. N° 003-2008-MINAM los valores encontrados no supera los 150 µg/m<sup>3</sup>.

#### c) **Partículas menores a 2.5 micras**

Las concentraciones de PM-2.5 cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental para Aire según el D.S. N° 003-2008-MINAM los valores encontrados no superan los 25 µg/m<sup>3</sup>.

#### d) **Partículas menores a 10 micras**

Las concentraciones de PM-10 cumplen con el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire según el D.S. N° 074-2001-PCM los valores encontrados no supera los 150 µg/m<sup>3</sup>.

#### e) **Metales: Plomo (Pb) en PM-10**

Las concentraciones de Plomo en las estaciones cumplen con el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire según el D.S. N° 074-2001-PCM los valores encontrados no supera los 1.5 µg/m<sup>3</sup>.

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

Las concentraciones de NO<sub>2</sub> determinadas cumplen con el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire según el D.S. N° 074-2001-PCM los valores encontrados no supera los 200 µg/m<sup>3</sup>.

#### **g) Concentración de Monóxido de carbono (CO)**

Las concentraciones de CO determinadas en las estaciones cumplen con el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Aire según el D.S. N° 074-2001-PCM los valores encontrados no supera los 10000 µg/m<sup>3</sup>.

Los resultados de emisiones gaseosas y partículas en las estaciones ubicadas en el área de construcción de la central hidroeléctrica del distrito de Machu Picchu, cumplen con los estándares establecidos D.S. N° 074-2001-PCM (CO, NO<sub>2</sub>, Plomo en PM<sub>10</sub>, PM<sub>10</sub>) y el D.S N° 003-2008-MINAM (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y PM<sub>2.5</sub>), los valores encontrados no superan los estándares en estas normas.

#### **h) Parámetros Meteorológicos**

##### **Estación M1**

- **Viento**

En el muestreo predominó los vientos que vienen de Oeste (W), la velocidad varió entre 0 m/s a 2.3 m/s obteniéndose una velocidad promedio de 0.4 m/s; lo que indica que el material particulado se dirigen al Este.

- **Temperatura**

Durante el muestreo se registró la data y reportó una variación de las temperaturas entre 17.7 °C a 28.3 °C obteniéndose un promedio de 22.3 °C.

- **Humedad Relativa**

Durante el muestreo se registró una variación entre 58 % a 96 % obteniéndose un promedio de Humedad relativa de 80.7 %.

- **Presión Atmosférica**

Durante el muestreo se registró la data y reportó una variación entre 629.4 a 633.9 mmHg obteniéndose un promedio de 631.9 mmHg.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos del análisis y evaluación de la calidad ambiental del aire, en comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S. N° 074-2001-PCM (CO, NO<sub>2</sub>, Plomo en PM<sub>10</sub>, PM<sub>10</sub>) y el D.S N° 003-2008-MINAM (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y PM 2.5)), se presentan las siguientes conclusiones:

Se ha concluido en la investigación con respecto a los objetivos planteados.

- Se determinó la afectación de la calidad ambiental del aire para los parámetros PM<sub>10</sub> y PM 2.5, de los cuales no excede lo establecido en D.S. N° 074-2001-PCM y en D.S N° 003-2008-MINAM.
- Se determinó la afectación de la calidad ambiental del aire respecto a los parámetros de metales pesados (Plomo), el cual se encuentra dentro de lo establecido D.S. N° 074-2001-PCM.
- Se determinó la afectación de la calidad ambiental del aire respecto a los parámetros gaseosos (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S), de los cuales no exceden lo establecido D.S. N° 074-2001-PCM y en D.S N° 003-2008-MINAM.
- Se evaluó el impacto ambiental sobre la calidad del aire de material particulado (PM<sub>10</sub> y PM 2.5), metales pesados (Plomo) y gases (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S).

## RECOMENDACIONES

En base a la presente experiencia se recomienda:

- Se debe incluir un programa de manejo de evaluación periódica (Monitoreos mensuales).
- Ampliar estudios en el parámetro de ruido debido a las actividades que se realizan en la construcción de la central hidroeléctrica.
- Se debe incluir un plan de mitigación para controlar los contaminantes del aire (Material Particulado PM10, PM2.5, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Monóxido de Carbono, Sulfuro de Hidrogeno).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de evaluación ambiental de proyectos, autor Jesús Collazos Cerrón
- Monitoreo y evaluación de la calidad del aire, CGTA-UNALM, autor, Ing. Franklin Unsihuay Tovar.
- Guías Metodológicas de “XIX Programa de Especialización en monitoreo y evaluación de la calidad ambiental en aire, ruido, suelo, meteorología y modelos de dispersión”, autor Centro de Gestión y Tecnología Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- De Nevers N., “Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire”, Editorial Mc Graw Hill, México, 1998, 1ra Edición, pp. 546.
- Henry G. y Heinke G., “Ingeniería Ambiental”, Editorial Prentice-Hall, Inc., México, 1999, 2da Edición.
- Atal Chomali, Raimundo. Efecto de las medidas de gestión de episodios críticos en la calidad del aire. 2009. Pontificia Universidad Católica de Chile Instituto de Economía, Chile.
- Zapata Sánchez, Carmen Elena; Quijano Hurtado, Ricardo; Molina Vásquez, Eliana; Rubiano Hernández, Claudia Marcela; Londoño Gaviria, Gustavo. Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire en el Valle de Aburra con medidores pasivos, 2008, Universidad Nacional De Colombia, Medellín, Colombia.
- Gaviria G, Carlos F.; Muñoz M, Juan C.; González, Gabriel J. Contaminación del aire y vulnerabilidad de individuos expuestos: un caso de estudio para el Centro de Medellín, 2012, Universidad de Antioquia, Colombia.
- Mauricio Gaitán, Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá, 2007, Universidad de Los Andes, Bogotá.

# ANEXO

## ANEXO N° 1

### ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AIRE

(Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cubico.

**NE significa no exceder)**

CONTAMINANTES	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR		METODO DE ANALISIS <sup>1</sup>
		VALOR	FORMATO	
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV (método automático)
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	24 horas	150	NE más de 3 veces/año	
Monóxido de Carbono	8 horas	10.000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	1 hora	30.000	NE más de 1 vez /año	
Dióxido de nitrógeno	Anual	1000	Promedio aritmético anual	Quimioluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces / año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces / año	Fotometría UV (método automático)
Plomo	Anual <sup>2</sup>			Método para PM10 (espectrofotometría de absorción atómica)
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces / año	
Sulfuro de Hidrogeno	24 horas			Fluorescencia UV (método automático)

<sup>1</sup> Método equivalente aprobado.

<sup>2</sup> A determinarse según lo establecido en el Artículo 5 del reglamento.