

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN TEÓRICA

### 1.1. Marco Teórico

#### 1.1.1. Contaminación atmosférica urbana

La contaminación atmosférica urbana, producida por la industria y los automóviles, sigue siendo un grave peligro para la salud de más de mil millones de personas en todo el mundo. Durante los años ochenta, los países europeos redujeron las emisiones de dióxido de sulfuro en más del 20% y el volumen de la mayoría de los contaminantes descendió en los Estados Unidos. No obstante, en uno de cada tres días en Los Ángeles, Nueva York, Ciudad de México y Beijing se registran niveles insalubres de polución atmosférica. (Ugarte, 2013)

#### 1.1.2. Contaminación producida por el tráfico

Contaminación debida al exceso de circulación rodada y provocada sobre todo por la quema de combustibles fósiles, en especial gasolina y diésel. (Ugarte, 2013)

Los contaminantes más usuales que emite el tráfico son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles y las micropartículas. Por lo que se refiere a estas emisiones, los transportes en los países desarrollados representan entre el 30 y el 90% del total. También hay compuestos de plomo y una cantidad menor de dióxido de azufre y de sulfuro de hidrógeno. El amianto se libera a la atmósfera al frenar. El tráfico es también una fuente importante de dióxido de carbono. (Ugarte, 2013)

Las micropartículas son partículas sólidas y líquidas muy pequeñas que incluyen el humo negro producido sobre todo por los motores diésel y se asocian a una amplia gama de patologías, entre ellas las enfermedades cardíacas y pulmonares. (Ugarte, 2013)

Correspondiente a los datos registrados por el Registro único automotor (RUAT) las unidades vehiculares han incrementado considerablemente en nuestro país, más se

ve estas incidencias en el año 2011 con el último “perdonazo” el cual nos llevó a tener más vehículos circulando en las calles. En la siguiente gráfica se tiene las cantidades de vehículos existentes hasta julio 2011 en Bolivia. (Ugarte, 2013)

### **1.1.3. Fuentes de emisión de contaminantes**

Los contaminantes del aire provienen de dos fuentes principales de emisión; las industrias (fuentes fijas) y el parque automotor (fuentes móviles) son:

Las fuentes móviles emiten contaminación criterio o peligrosos, mientras están en movimiento cambiando constantemente su ubicación. En este grupo, se incluyen medios de transporte terrestre, acuático y aéreo que usan combustión interna. En Bolivia, las fuentes móviles son importantes para el aporte significativo a la contaminación del aire. (Ugarte, 2013)

### **1.1.4. Red de Monitoreo de Calidad del Aire**

La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (Red MoniCA) es un conjunto de sitios representativos de una ciudad/región, en los cuales se instalan equipos de medición de calidad del aire. Se utilizan metodologías científicas y parámetros de comparación estándar que permiten seguir la evolución de la calidad del aire y así determinar zonas de alta, media y baja contaminación. (Vasquez et al., 2016)

### **1.1.5. Monitoreo de Calidad del Aire**

Monitorear la calidad del aire significa vigilar la evolución de los contaminantes del aire en un periodo de tiempo determinado para conocer el estado del Aire que respiramos.

Este monitoreo está constituido por un conjunto de metodologías que permiten tomar muestras de aire, analizarlas y procesarlas de manera permanente, con el fin de conseguir la información necesaria sobre las concentraciones de los contaminantes atmosféricos,

El monitoreo de la calidad del aire debe ser realizada por los Gobiernos Municipales y según la necesidad del Gobierno Departamental, constatándose de esa

forma en una herramienta científica para el desarrollo de políticas que coadyuven en la mitigación de la contaminación atmosférica. (Vasquez et al., 2016)

#### **1.1.6. Tipos de Redes de Monitoreo de Calidad del Aire**

Los tipos de Redes MoniCA que puede implementarse en Bolivia y que tendrán una estrecha relación entre ambas y el Programa Nacional de Calidad del Aire pueden ser: (Vasquez et al., 2016)

- **Red de Monitoreo de Calidad del Aire Municipal**

En este tipo de red el monitoreo de la calidad del aire se limita a la jurisdicción que tiene el Gobierno Autónomo Municipal, y a partir de la información que se obtenga se establecerán acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica.

- **Red de Monitoreo de Calidad del Aire Departamental**

Con el objetivo de consolidar programas y proyectos para la prevención y control de la contaminación atmosférica en el marco de las políticas nacionales y departamentales, es estratégico identificar y conocer los niveles de contaminación atmosférica a través de una Red MoniCA Departamental como parte de una política de gestión ambiental responsable.

#### **1.1.7. Estaciones meteorológicas**

Es recomendable incluir en la selección de equipos aquellos que puedan medir variables meteorológicas, que son importantes al momento de analizar el comportamiento de la calidad del aire. Por ello, las estaciones meteorológicas deben contar por lo menos con los siguientes sensores. (Vasquez et al., 2016)

**Velocidad del viento:** Mide la velocidad del viento utilizando anemómetros, pueden ser de ensamble de copas que giran sobre un eje vertical o las de propelas que giran sobre un eje horizontal.

**Dirección del viento:** Brinda información del ángulo de la dirección del viento. Está compuesta por una aleta vertical que se mueve cuando el viento sopla en la dirección de menor fuerza.

**Presión:** Mide la presión atmosférica por medio de barómetros de mercurio, barómetros aneroides o barómetros electrónicos.

**Temperatura:** Mide el grado de temperatura del ambiente a través de equipos con resistencias. Los termistores y sensores de platino son los más usados.

**Humedad relativa:** Miden la humedad relativa en el ambiente usando generalmente higrómetros eléctricos.

### **1.1.8. Contaminantes atmosféricos**

Uno de los pasos más importantes por cumplir en una red de monitoreo de calidad del aire es definir los contaminantes atmosféricos a medir. La presencia de estos contaminantes en la atmósfera en concentraciones y tiempo suficiente se constituye en episodios críticos de contaminación que pueden producir efectos en la salud de la población, en otras palabras tanto el nivel de concentración como su tiempo de permanencia en la atmósfera son críticos al momento de evaluar el potencial daño que estos contaminantes pueden causar.

Existen más de cien contaminantes del aire, entre primarios y secundarios, que pueden ser compuestos orgánicos o inorgánicos, sin embargo en la mayor parte de los países del mundo se monitorean los llamados “contaminantes criterio” (EPA, 2004), nombrados a continuación. (Vasquez et al., 2016)

- Ozono troposférico (O<sub>3</sub>)
- Material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Plomo (Pb)

En base a la experiencia local, los contaminantes básicos que se pueden medir en Municipios de Bolivia, en una primera fase o fase piloto por sus potenciales efectos sobre la salud de la población y sus concentraciones relativamente altas con respecto a sus correspondientes límites máximos permisibles, son: (Vasquez et al., 2016)

- Material particulado (PM<sub>10</sub>)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Ozono troposférico (O<sub>3</sub>)

De acuerdo a la Norma Boliviana NB 62011:2008, Calidad del aire - Contaminantes criterio exterior

- Límites máximos permisibles del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), se establece los siguientes contaminantes criterio con sus correspondientes definiciones y descripciones:

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

El CO es un gas incoloro, casi inoloro, insípido e inflamable. El CO se produce, principalmente, a partir de la combustión incompleta de materiales orgánicos y normalmente está presente en cantidades traza en la atmósfera. En concentraciones mayores a 0,01 %, el CO es altamente tóxico. La afinidad del CO con la hemoglobina, con la que forma carboxihemoglobina, es de 200 veces a 300 veces mayor a la del oxígeno. Por lo tanto, el CO reduce la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina y, en concentraciones elevadas, el CO puede conducir a la muerte por hipoxia. (IBNORCA, 2008)

#### ***1.1.8.2. Ozono (O<sub>3</sub>)***

El O<sub>3</sub> es el alótropo triatómico del oxígeno, es un gas azul pálido con un olor áspero y desagradable característico. El O<sub>3</sub> es un oxidante altamente reactivo, muy tóxico y en concentraciones mayores de 125 µg/m<sup>3</sup>, es considerado un contaminante importante. En la troposfera, el O<sub>3</sub> se forma principalmente debido a reacciones fotoquímicas con hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. El O<sub>3</sub> es un gas relativamente insoluble en agua. Cuando el O<sub>3</sub> reacciona, causa efectos tóxicos en la superficie de

las vías respiratorias menores. La dosis-respuesta es mayor en los bronquiolos terminales y respiratorios. En contraste con el NO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub>, existe alteración en la función pulmonar, tanto en asmáticos, como en individuos sanos. No obstante, todavía no se ha llegado a comprender la gran variabilidad de las respuestas individuales. (IBNORCA, 2008)

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

El NO<sub>2</sub> es un gas inflamable, pardo-rojizo, oxidante, con un fuerte olor desagradable que junto a las partículas en suspensión forman una capa entre rojiza y marrón que cubre muchas zonas urbanas. La presencia de óxidos de nitrógeno en el aire de las ciudades se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y en las fábricas. Cuanto mayor sea la temperatura de la combustión, mayor es la probabilidad de que se formen estos compuestos. Contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO<sub>2</sub>) y afecta a la destrucción de la capa de ozono, incrementándose la presencia del mismo en la atmósfera como consecuencia de las emisiones procedentes de la descomposición de materia orgánica nitrogenada. (IBNORCA, 2008)

#### ***1.1.8.4. Material particulado***

Con diámetro equivalente menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>): Las PM<sub>10</sub> son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire, compuestas por una química diversa y tamaño menor a 10 µm. como diámetro aerodinámico. Las PM<sub>10</sub> son también llamadas partículas gruesas y se originan en procesos mecánicos, como erosión, o por quema incompleta de material orgánico, formando humos. Las PM<sub>10</sub> logran entrar al sistema respiratorio hasta la región traqueobronquial y se acumulan en los pulmones, contribuyendo al daño del tejido pulmonar y a la disminución de la función pulmonar. Los efectos de las PM<sub>10</sub> sobre la salud de las personas dependen de la composición química del material, por tanto, no existe un valor umbral único. (IBNORCA, 2008)

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

El SO<sub>2</sub> es un gas incoloro producto de la oxidación de materiales que contienen azufre (por ejemplo: productos pirotécnicos). El SO<sub>2</sub> es un gas reactivo que en contacto con vapor de agua forma ácidos. La principal fuente natural son los volcanes activos y la principal fuente antropogénica es la quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo). Los efectos principales del SO<sub>2</sub> en la salud incluyen impactos en la respiración, afecciones respiratorias, debilitamiento de las defensas pulmonares, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares ya existentes y muerte. Entre las personas sensibles al SO<sub>2</sub> están los asmáticos y quienes padecen enfermedades pulmonares crónicas o afecciones cardiovasculares. Los ancianos y los niños son los más afectados por el SO<sub>2</sub> (IBNORCA, 2008).

### **1.2. Marco Legal**

#### **1.2.1 La ley de 1333**

La Ley del Medio Ambiente La Ley del Medio Ambiente Ley 1333 promulgada el 27 de abril de 1992 y publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el 15 de Junio 1992, en actual vigencia es de carácter general y no enfatiza en ninguna actividad específica. Su objetivo fundamental es proteger y conservar el Medio Ambiente sin afectar el desarrollo que requiere el país, procurando mejorar la calidad de vida de la población. (Ley de Medio Ambiente, 1992)

ARTÍCULO 1. La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población. (Ley de Medio Ambiente, 1992)

#### **1.2.2. Reglamento En Materia De Contaminación Atmosférica**

Título I

Disposiciones Generales.

Capítulo I

Del Objeto Y Ámbito De Aplicación.

ARTÍCULO 1° La presente disposición legal, reglamenta la Ley del Medio Ambiente No. 1333 del 27 de abril de 1992 en lo referente a la prevención y control de la contaminación atmosférica, dentro del marco del desarrollo sostenible.

ARTÍCULO 2° Toda persona tiene el derecho a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades, por lo que el Estado y la sociedad tienen el deber de mantener y/o lograr una calidad del aire tal, que permita la vida y su desarrollo en forma óptima y saludable.

ARTÍCULO 3° Para los efectos del artículo anterior, los límites permisibles de calidad del aire y de emisión, que fija este Reglamento Constituyen el marco que garantiza una calidad del aire satisfactorio.

ARTÍCULO 4° El cumplimiento del presente Reglamento es obligación de toda persona natural o colectiva, pública o privada, que desarrolle actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domésticas y otras que causen o pudieren causar contaminación atmosférica.

ARTÍCULO 5° El cumplimiento del presente Reglamento no exime de obligaciones respecto a otras disposiciones legales que no se opongan al mismo.

### **1.2.3. Normas bolivianas en cuanto a Calidad Del Aire**

Para poder desarrollar el monitoreo de los contaminantes criterio se cuenta con normativas vigentes en cuanto a la calidad del aire que son las siguientes: (IBNORCA, 2016).

- NB 62002:2006 Calidad del aire - Emisiones de fuentes móviles - Generalidades, clasificación y límites (Primera revisión).
- NB 62011:2008 Calidad del aire - Contaminantes criterio exterior - Límites máximos permisibles.
- NB 62012:2008 Calidad del aire - Determinación de dióxido de nitrógeno - Muestreo pasivo - Método espectrofotométrico visible.



- NB 62013:2008 Calidad del aire - Determinación de ozono troposférico - Muestreo pasivo - Método espectrofotométrico visible.
- NB 62014:2008 Calidad del aire - Determinación de material particulado en suspensión con un diámetro aerodinámico equivalente menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) - Muestreo activo - Método gravimétrico.
- NB 62018:2008 Calidad del aire - Índice de la contaminación atmosférica.

### **1.3 Marco Conceptual**

#### **1.3.1. Definiciones**

Los siguientes conceptos o definiciones son pertenecientes a la Ley de Medio Ambiente 1333, específicamente en el reglamento en materia de control y contaminación atmosférica (RMCA).

Para efectos del presente reglamento tiene validas las siguientes definiciones (Ley de Medio Ambiente, 1992).

#### ***Autoridad Ambiental Competente***

El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente a nivel nacional, y la Prefectura a nivel departamental.

#### ***Calidad Del Aire***

Concentraciones de contaminantes que permiten caracterizar el aire de una región con respecto a concentraciones de referencia, fijadas con el propósito de preservar la salud y bienestar de las personas.

#### ***Contaminación atmosférica***

Presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes, de tal forma que se generen o puedan generar efectos nocivos para la vida humana, la flora o la fauna, o una degradación de la calidad del aire, del agua, del suelo, los inmuebles, el patrimonio cultural o los recursos naturales en general.

### ***Contaminante Atmosférico***

Materia o energía en cualquiera de sus formas y/o estados físicos, que al interrelacionarse en o con la atmósfera, altere o modifique la composición o estado natural de ésta.

### ***Control***

Aplicación de medidas o estrategias para la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

### ***Emisión***

Descarga directa o indirecta a la atmósfera de cualquier sustancia en cualquiera de sus estados físicos, o descarga de energía en cualquiera de sus formas.

### ***Emisiones Fugitivas***

Toda emisión de contaminantes a la atmósfera que no sea descargada a través de ductos o chimeneas.

### ***Fuente***

Toda actividad, proceso, operación o dispositivo móvil o estacionario que produzca o pueda producir emisiones contaminantes a la atmósfera.

### ***Fuente Existente***

Aquella que se encuentra instalada, o con autorización de instalación, a la fecha de entrada en vigencia del presente Reglamento.

### ***Fuente Fija***

Toda instalación o actividad establecida en un solo lugar o área, que desarrolle operaciones o procesos industriales, comerciales y/o de servicios que emitan o puedan emitir contaminantes a la atmósfera.

### ***Fuente Fija Unitaria***

Conjunto de dos o más industrias cuyas emisiones podrán ser consideradas como provenientes de una sola fuente para efectos de control de la calidad del aire público.

Las fuentes que conformen la fuente fija unitaria deberán estar situadas en la misma zona industrial o en su defecto en un área comprendida en un círculo de máximo dos (2) kilómetros de diámetro, donde las condiciones en cuanto a ecosistemas y medio ambiente sean uniformes.

#### ***Fuente Móvil***

Vehículos automotores, vehículos ferroviarios motorizados, aviones, equipos y maquinarias no fijos con motores de combustión y similares, que en su operación emitan o puedan emitir contaminantes a la atmósfera.

#### ***Fuente Nueva***

Aquella que solicita autorización para su instalación con posterioridad a la entrada en vigencia del presente Reglamento.

#### ***Inmisión***

Concentración de contaminantes en la atmósfera a ser medidos fuera de la fuente.

#### ***Límites Permisibles De Calidad Del Aire***

Concentraciones de contaminantes atmosféricos durante un periodo de exposición establecido, por debajo de las cuales no se presentarán efectos negativos conocidos en la salud de las personas según los conocimientos y/o criterios científicos prevalecientes.

#### ***Límites Permisibles De Emisión***

Valores de emisión que no deben ser excedidos de acuerdo a disposiciones legales correspondientes.

#### ***Mejor Práctica De Cuidado Ambiental***

Sistema organizado de actividades para: coleccionar y reducir emisiones fugitivas; conducir los gases y partículas contaminantes hacia equipos de depuración y/o transformación a fin de minimizar las emisiones contaminantes; mantener limpia la planta; pavimentar o empedrar vías de transporte vehicular en la planta, y barrer y/o

regar los caminos pertenecientes a la industria, que por sus características no ameriten una pavimentación.

### ***Monitoreo De Contaminantes Atmosféricos***

Evaluación sistemática cuantitativa y cualitativa de contaminantes atmosférica.

### ***Normas Técnicas De Emisión***

Normas que establecen sobre bases jurídicas, ambientales y técnicas, la cantidad máxima permitida de emisiones para un contaminante a medirse en la fuente emisora.

### ***Muestreo activo***

Este método necesita de energía para succionar una muestra de aire y seleccionar el contaminante requerido sobre un material físico en el cual se deposita el contaminante. Esta muestra posteriormente es analizada en laboratorio para determinar el nivel de contaminación.

Su ventaja es que tiene una operación y rendimiento confiable, pero requieren de energía para su funcionamiento. (Sejas, 2017)

### ***Muestreo pasivo***

Es un método de medición de contaminantes del aire basado en la recolección del contaminante mediante el uso de dispositivos especiales, que contienen sustancias químicas que reaccionan con el contaminante en el aire ambiente y luego son analizadas en laboratorio. (Sejas, 2017)

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. Tipo de investigación**

##### **2.1.1. Analítica**

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio relaciones entre tres, cuatro o más variables. Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y, después, cuantifican y analizan la vinculación. (Samplieri, 2009)

En cuanto a los resultados obtenidos por mediante el monitoreo en los 4 meses que son agosto septiembre, octubre y noviembre se realizará un análisis de los resultados que consistirá en explicar los resultados obtenidos y comparar estos con datos obtenidos por otros investigadores, es una evaluación crítica de los resultados desde la perspectiva del autor tomando en cuenta los trabajos de otros investigadores y el propio. El análisis de resultados es sencillamente entrelazar los datos y resultados que se encontraron en la investigación con los datos o información de la base teórica y los antecedentes.

##### **2.1.2. Descriptiva**

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Samplieri, 2009)

La investigación descriptiva se encargara de puntualizar las características de la población que está estudiando. Esta metodología se centra más en el “qué”, en lugar del “por qué” del sujeto de investigación.

En otras palabras, su objetivo es describir la naturaleza de un segmento demográfico, sin centrarse en las razones por las que se produce un determinado fenómeno. Es decir, “describe” el tema de investigación, sin cubrir “por qué” ocurre.

### **2.1.3. Propositiva**

Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. (Samplieri, 2009)

La investigación propositiva se caracteriza por generar conocimiento, a partir del trabajo de cada uno de los componentes de los grupos de investigación. Propende además por el desarrollo, el fortalecimiento y el mantenimiento de estos colectivos, como es la propuesta de medidas de mitigación y prevención en relación a los resultados que se obtengan con el fin de lograr altos niveles de efectividad del trabajo y alcanzar reconocimiento científico interno y externo.

## **2.2. Técnicas de recolección de información**

### **2.2.1. Análisis documental**

Toda Institución genera información periódicamente, que va almacenando en sus bancos de datos, esta información con el tiempo se convierte en valiosa para el trabajo metodológico ya que se constituye en insumos interesantes sobre los cuales comenzaremos a depurar la información que nos hace falta.

#### **2.2.1.1. Otras investigaciones**

Los temas sociales y acontecimientos no son exclusividad de ningún investigador por lo que ya se han trabajado y publicado estudios miles acerca de igual cantidad de

temas sociales y acontecimientos, lo importante es aprovechar estos mismos trabajos en beneficio de nuestra investigación y completar lo que no se dijo o ir más allá de ellos sintetizando todo lo que se dijo en un modelo.

❖ Periódicos y Revistas.

Especializados o no pero que cuenten con una imagen de seriedad, y en la información que publique figure la fuente.

❖ Datos de Informes.

Resultado de las actividades del sector o institución exigidas por demandas legales o necesidades de bienes.

❖ Datos Internacionales.

Acontecimientos o hechos que tienen carácter de histórico y que cuenten con fuente y en muchos casos de oficial.

❖ Información En Internet.

Que es el resultado de querer compartir información con los demás con diversos propósitos entre ellos el comercial, en general lo importante es que es la recopilación o animación en páginas web de artículos, monografías, estudios, etc. De diversas fuentes oficiales o no. Se debe de considerar antes de coger información de la red varios aspectos como son:

- La Oficialidad de la página.
- Tipo de Información publicada.
- Validez de la Información.

### **2.2.2. Observación in situ científica**

Cuando hablamos de observación de cada sitio o punto de monitoreo que se va referir en parte científica al proceso de detallar un fenómeno que se llegue a presentar de la naturaleza con intención analítica y el propósito de recabar la mayor cantidad de información objetiva posible se refiere a una relación que se refiere a la aplicación de

una acción en un sitio determinado y señalado, tanto por quien la ejecuta como por el que la requiere en el mismo sitio o lugar.

### **2.3. Descripción sistematizada del desarrollo del trabajo dirigido del monitoreo de los contaminantes (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>)**

#### **2.3.1. Procedimiento metodológico**

El procedimiento metodológico y puntos de muestreo para la determinación de los contaminantes se detalla acorde a la evaluación, técnicas ya aplicadas por la Red de monitoreo de la calidad del aire a través del Manual Técnico Red MoniCa Bolivia.

El conjunto de estos sitios y estaciones de monitoreo es lo que se define como una Red de Monitoreo de Calidad del Aire propiamente dicha, ya que incluye al menos dos o más sitios o estaciones que están relacionados entre sí por el objetivo que buscan. (Vasquez et al., 2016)

La red MoniCA tiene definidos 11 puntos de monitoreo repartidos en la ciudad cada uno de los cuales se divide de la siguiente forma:

- 2 puntos de muestreo activo.
- 7 puntos de muestreo pasivo.
- 2 puntos de muestreo automático.

Figura 1: Detalle de puntos de monitoreo de la calidad del aire, Tarija



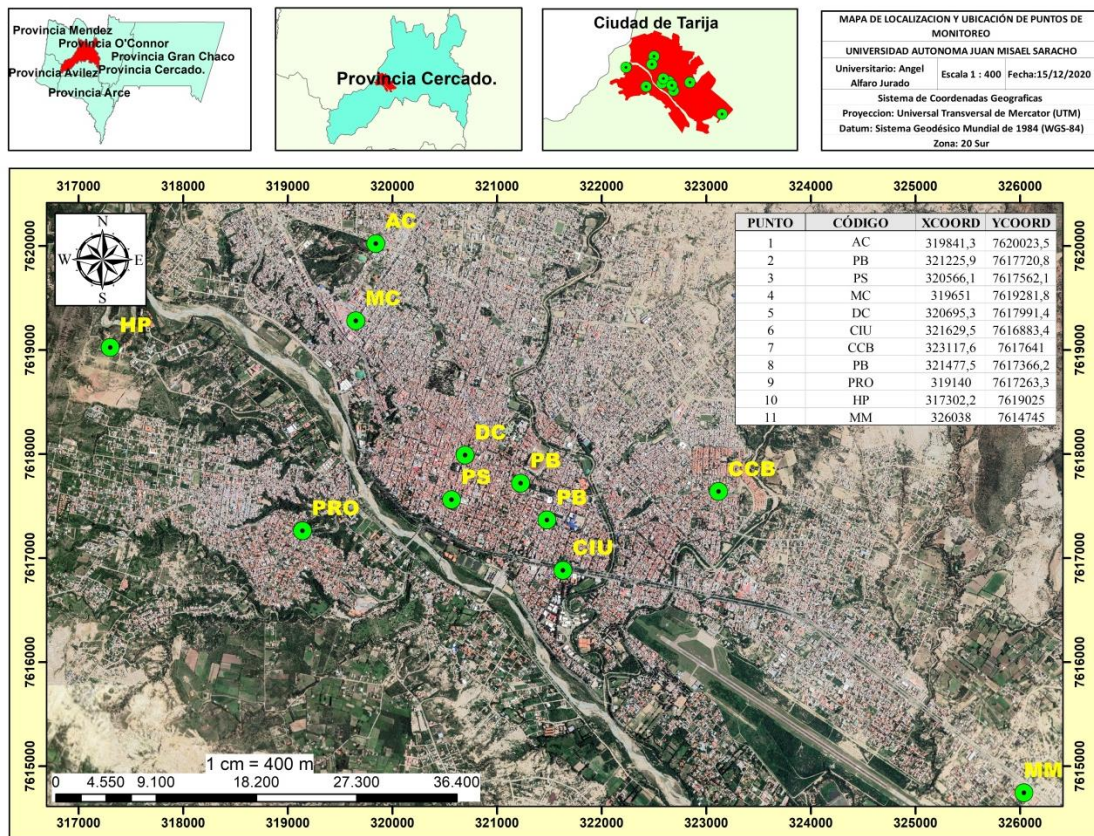
N°	Estación	Código	Ubicación		Contaminante Monitoreado y tecnología							
			Latitud	Longitud	PM10	SO2	CO	NOx	NO	NO2	O3	
1	Av. Circunvalación	AC	-21.513443°	-64.739303°	AT							
2	Parque Bolívar	PB	-21.534377°	-64.726186°	AC							
3	Plazuela Sucre	PS	-21.535744°	-64.732572°	AC							
4	Mercado Campesino	MC	-21.520122°	-64.741220°							PV	PV
5	Domingo P. y Colón	DC	-21.531880°	-64.731279°							PV	PV
6	Ciudadela Univ.	CIU	-21.541980°	-64.722380°							PV	PV
7	C. de Cap. Bartolome	CCB	-21.535286°	-64.707935°							PV	PV
8	Parque Bolívar	PB	-21.537605°	-64.723796°							PV	PV
9	Prosalud SENAC	PRO	-21.538299°	-64.746366°							PV	PV
10	Hotel Los Parrales	HP	-21.522203°	-64.763917°							PV	PV

Fuente: (Mendoza, 2015)

- ✚ AC = Método Activo.
- ✚ AT = Método Automático Continuo.
- ✚ PV = Método Pasivo.

A continuación se presenta la siguiente ubicación de los puntos de monitoreo distribuidas en diferentes zonas de la ciudad, tomando en cuenta los métodos existentes en el municipio con los que desarrolla el monitoreo correspondiente la Red de Monitoreo de Calidad del Aire Tarija, la ubicación se la realizó mediante el programa Arcgis que se presenta de la siguiente manera.

Figura 2: Ubicación de sitios de monitoreo



Fuente: Elaboración propia.

- **Estaciones de monitoreo activo**

Los sitios escogidos para este tipo de muestreo son:

- Parque Bolívar.
- Plazuela Sucre.

- **Estaciones de monitoreo pasivo**

Los sitios escogidos para este tipo de muestreos son:

- Mercado Campesino.
- Daniel Campos.
- Av. Belgrano esq. Av. La Paz.
- Ciudadela Universitaria. (campus universitario)
- Centro de Capacitación Bartolome Attard.

- PROSALUD
- Hotel Los Parrales.

Si el estudio depende de tener acceso a personas, organizaciones o documentos, por cualquier razón como criterios de estudio, el acceso es limitado de alguna manera, las razones de esta situación deben y son las siguientes:

Dependiendo del alcance del presente trabajo, puede haber investigación previa sobre su contenido de manera puntual sin desviarse de la temática.

En vista de lo mencionado se considera tomar en cuenta los muestreos pasivos y activos ya que estos son de libre acceso, además de que el muestreo pasivo se requiere más de 1 persona y mide dos contaminantes que es el (NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) mientras que el activo mide PM<sub>10</sub> por lo cual este trabajo realizado en Red moniCA se va tomar en cuenta 6 puntos (2 puntos de muestreo activo y 4 puntos de muestreo pasivo) definidos de monitoreo repartidos en la ciudad cada uno de los cuales se divide de la siguiente forma:

- **Puntos de monitoreo activo**

Los sitios escogidos para este tipo de muestreo son:

- Parque Bolívar.
- Plazuela Sucre.

- **Puntos de monitoreo pasivo**

Se escogió los siguientes sitios de monitoreo por la proximidad en el área urbana para evitar dificultades o percances con monitorear los demás puntos ya que para el monitoreo pasivo según Manual Técnico de Diseño, Implementación y Operación de Redes de Monitoreo de Calidad del Aire para ciudades de Bolivia se necesita mínimo 3 ayudantes para el monitoreo. Así también se toma en cuenta los puntos de monitoreo que cuentan con la información de alto tráfico vehicular en la ciudad de Tarija.

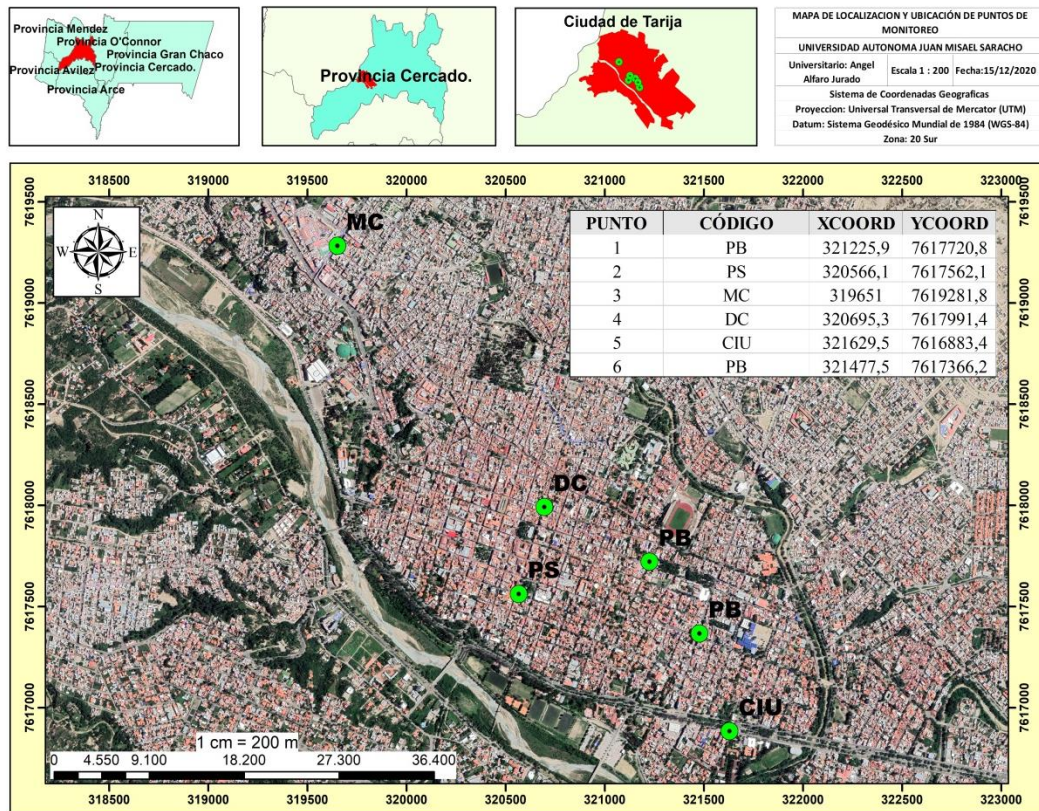
Los sitios escogidos para este tipo de muestreos son: auditoría

- Mercado Campesino.

- Daniel Campos.
- Parque Bolívar. (Av. Belgrano esq. Av. La Paz)
- Ciudadela Universitaria. (campus universitario)

A continuación se presenta la siguiente ubicación de los 6 puntos de monitoreo tomados en cuenta en el presente trabajo distribuidas en diferentes zonas de la ciudad por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire Tarija, la ubicación se la realizó mediante el programa Arcgis que se presenta de la siguiente manera.

Figura 3: Ubicación de los 6 puntos de monitoreo tomados en cuenta



Fuente: Elaboración propia.

## 2.4. Materiales y equipos

Para el monitoreo del material particulado  $PM_{10}$  mediante impactadores, se requiere los siguientes materiales y equipos:



**+ Trabajo en gabinete:**

- Computadora.
- Google Earth.
- Registros de actividades industriales.

**+ En laboratorio:**

- Filtros para la medición de partículas (37mm. de diámetro y de porosidad menor a 10 $\mu$ m. para la determinación de PM<sub>10</sub>)
- Una micro balanza para el pesado de los filtros con una división de escala de 10  $\mu$ g; se recomienda una micro balanza con una división de escala de 1 $\mu$ g.
- Desecador o estufa con control de temperatura.
- Caja Petri de 55mm de diámetro.
- Pinzas de punta roma de plástico para el manejo de los filtros.
- Planillas de pesados de filtros. (sin exponer y expuestos)
- Álbum de filtros.

**+ En exposición y recolección de muestras:**

- Minivol Tactical Air Sampler (TAS) que cuenta con una bomba, temporizador e impactador, cabezal.
- Baterías recargables de Litio.
- Un regulador de flujo de 4  $\ell$ /min. Se recomienda un regulador de flujo por orificio crítico.
- Medidor de flujo que permita una precisión de  $\pm 0,1$   $\ell$ /min en la medición del flujo o medidores de volumen de aire.
- Kit de mantenimiento. (Casete separador y grasa)
- Pinza y herramienta de relleno. (De hierro)
- Registro de datos de campo.
- Libreta y lápiz.
- Celular. (Fotografías y toma de T°)

## **2.5. Estructura metodológica**

Para una mayor comprensión se ha dividido la metodología de monitoreo de PM<sub>10</sub> mediante el muestreo pasivo en tres fases.

### **2.5.1. Fase De Gabinete**

En esta fase se realiza cualquier trabajo que consiste en la preparación de materiales y aplicación de algunos documentos a través de información, se llevó a cabo las siguientes actividades:

#### **a) Recopilación de Información secundaria**

Se obtuvo información de diferentes documentos entre ellos informes de la calidad del aire facilitadas por Red Mónica Tarija e informes públicos por la red de Monitoreo a nivel Nacional, como también el Manual técnico de Redes de Monitoreo de Calidad del Aire para ciudades de Bolivia. Por lo que se permite desarrollar la metodología de monitoreo de muestreo activo para poder conocer los resultados en cuanto al PM<sub>10</sub> en el aire de la ciudad de Tarija.

#### **b) Diseño de planillas de muestreo**

Primeramente para poder contar con un buen manejo y anotar al momento de tomar diferentes datos se procedió a realizar planillas y registros.

Se realizó un registro de Datos de Campo tomando en cuenta el modelo que contiene el manual de operación de equipo TAS (Tactical Air Sampler), datos durante el monitoreo en la exposición y recolección de muestras los cuales son:

- ID del sitio. (Ya establecido y mencionado en el punto 7.3.1.)
- Muestra serie.
- N° de muestra.
- Flujo y tiempo. (Inicial y final)
- Presión atm, [mmHg] (Inicial y final)
- Temperatura. [C°] (Inicial y final)
- Fecha de muestreo.

Todos estos datos nombrados se deben tomar en cuenta en la planilla para obtener los resultados de monitoreo. (Véase Anexo N°1)

También se elaboró una planilla de filtros codificados en orden alfabético para evitar confusiones, en donde se toma los pesajes de los mismos sin exponer (sin secar y desecados) y después de su exposición (sin secar y desecados) en laboratorio, a la vez se toma en cuenta medidas de calidad y datos los cuales son: (Véase Anexo N°2)

- Temperatura.
- Humedad.
- Hora de secado.
- Fecha.

#### **c) Recopilación de datos de muestreos pasivos**

Se realizó la recopilación de información de la gestión 2014 de los datos cuantitativos que realizó la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (Red MoniCA), mediante el muestreo pasivo en el cual se llegó a medir dos contaminantes criterio que son el Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>) lo cual estos datos servirán para un posterior análisis estadístico.

#### **d) Breve metodología según fuentes secundarias**

**Método pasivo:** Un muestreador pasivo para especies gaseosas se define como el instrumento capaz de tomar muestras de gases o vapores contaminantes de la atmósfera a una tasa controlada por un proceso físico, como la difusión a través de un estrato estático o su permeación a través de una membrana pero sin involucrar el movimiento activo del aire. Las principales ventajas del muestreo pasivo son su simplicidad y bajo costo, por lo que son adecuadas para muchas aplicaciones, ya sea por sí mismas o en combinación con analizadores automáticos. En la Red MoniCA Bolivia mediante este método se realiza la determinación de Dióxido Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Ozono superficial (O<sub>3</sub>), (Mendoza, 2015).

- **Determinación del contaminante NO<sub>2</sub>**

El monitoreo de NO<sub>2</sub> se realiza utilizando tubos pasivos de la firma PASSAM A.G. los tubos tienen como reactivo el captor tri-etanol amina. El NO<sub>2</sub> captado se

analiza por métodos espectrofotométricos. Los tubos son expuestos durante una semana antes de ser recolectados y analizados. Se realizaran análisis y preparación de tubos de (NO<sub>2</sub>), (Baldiviezo, 2013).

- **Determinación del contaminante O<sub>3</sub>**

El monitoreo de ozono se realiza tubos pasivos de la firma PASSAM A.G. el reactivo captor en estos tubos es DPE. La cantidad de ozono captado se analiza por métodos espectrofotométricos. Los tubos son expuestos por una semana para posteriormente ser analizados. (Baldiviezo, 2013)

Detalle operativo de muestreo pasivo.

Periodo de muestreo de 7 días.

Preparación de tubos.

Análisis de tubos.

Información expresada en la planilla de datos.

Índice de contaminación atmosférica.

**Método activo:** A diferencia de los muestreadores pasivos, este tipo de equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de recolección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo que pueden obtenerse mediciones más precisas. Aunque los muestreadores activos son más complejos que los pasivos, son relativamente fáciles de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de mediciones en la mayor parte del mundo. El equipo involucra el uso de un sistema de bombeo que pasa a una corriente de aire medida a pasar por un sistema de recolección que puede contener un medio físico o químico, para que ésta sea recolectada o para separar de la corriente de aire el o los contaminantes que se desean muestrear (Martines, Romieu, 1997). Este método se utiliza en la Red MoniCA Bolivia para el monitoreo de partículas menores a diez micrómetros de diámetro (PM<sub>10</sub>), (Mendoza, 2015).

- **Determinación del contaminantes PM<sub>10</sub>**



En la ciudad de Tarija el monitoreo de  $PM_{10}$  se utilizan equipos de Minivol Tactical Air Sampler (TAS). Estos equipos separan las partículas menores a 10micras mediante un sistema hidrodinámico, esta fracción pasa a través de un filtro de teflón que luego es pesado en laboratorio.

El flujo de la colección de aire que atraviesa el sistema es alrededor de 4,25  $\ell$ /min. El sistema puede realizar muestreo de 24 horas, un intervalo adoptado frecuentemente cuando se disponen de métodos activos. Este método se realizara en los puntos del Parque Bolívar y la Plazuela Sucre. Asimismo, una vez que se cuenta con la información, los datos se interpretan con la tabla de índices de la calidad del aire que permiten brindan información o resultados. (Baldiviezo, 2013)

**e) Ubicación de influencias de industrias en el área urbana**

- **Industrias que emiten contaminantes atmosféricos**

Se realizó trabajo de investigación recolectando información de los registros anuales de los años 2017, 2018 y 2019 de las industrias que se encuentran en la ciudad de Tarija, procediendo a la revisión de archivo documental en físico de acuerdo a los registros en formato digital de la Dirección de Planificación y Medio Ambiente en referencia de los registros de unidades industriales.

Para el desarrollo del trabajo se pudo hacer la diferenciación por gestiones de unidades industriales que emiten contaminantes atmosféricos de las que descargan efluentes a cuerpos receptores. Para poder contar con información industrial, cuantificarlas y obtener una interpretación de las mismas.

- **Sistematización según su categorización**

Luego se hizo la clasificación según su categorización y por gestiones de las industrias que generen contaminación atmosférica de los registros de unidades industriales. Es muy importante el grado de contaminación de las industrias por lo que mediante su categorización se puede cuantificar y determinar el número de industrias ya clasificadas. (Véase Anexo N°3)

- **Puntos de referencias de las Industrias**

Obtenidas la información necesaria para el trabajo se realizó la ubicación de unidades industriales en la ciudad de Tarija mediante la aplicación Google Earth en computadora donde se fueron tomando en cuenta las siguientes coordenadas y los nombres de cada actividad industrial así como también la ubicación de las mismas según su categoría.

### 2.5.2. Fase de pre-campo

#### a) Preparación de filtros

En el caso de la Red MoniCA este muestreo se usa para medir material particulado de diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ) con exposiciones de 24 horas por muestra y usando filtros como medio de colección físico. Estos filtros pueden ser de diversos materiales compuestos de fibras entrelazadas o membranas con poros microscópicos. La selección de estos filtros depende del tipo de muestreo y de los potenciales análisis químicos y físicos que pueden practicarse sobre ellos. (Vasquez et al., 2016)

La selección de los filtros a utilizar depende esencialmente de los análisis que se desee hacer sobre el material particulado seleccionado. Existen dos tipos de filtros comúnmente utilizados. Los filtros de fibra y los de membrana. Los filtros se fabrican de diferentes materiales. Entre los filtros de fibra se tienen filtros de celulosa, de fibra de vidrio y fibra de cuarzo. Estos filtros provocan una caída de presión relativamente baja a través de ellos, esto permite utilizarlos para colectas con alto volumen de muestreo. En contrapartida este tipo de filtros puede presentar dificultades al momento de analizar la presencia de elementos a nivel de trazas en el material particulado recolectado. Los filtros de membrana se fabrican con polímeros relativamente inertes como el policarbonato y teflón. (Politetrafluoroetileno), (IBNORCA, 2008)

Tabla 1: Tipos de Filtros y Recomendaciones de Uso.

Tipos de Filtros	Comentarios y Recomendaciones
<u>De Fibras:</u>	

Celulosa	Estos filtros tienen relativamente bajas caídas de presión y se usan comúnmente en métodos gravimétricos de alto volumen. Puede absorber agua por lo que se recomienda un cuidadoso acondicionamiento antes de ser pesado.
Fibra de Vidrio	Tienen una gran capacidad y se recomiendan cuando la determinación de la concentración se efectúa gravimétricamente, ya que se presentan la formación de diversos compuestos sobre todo en ambiente de smog fotoquímico.
Fibra de Cuarzo	Proveen valores de masa más precisos que los filtros anteriores, pero son frágiles, contienen cantidades variables de Aluminio y Silicio y adsorben vapores orgánicos, HNO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> .
<u>De Membrana:</u>	
Policarbonato(Nucleopore)	Proveen mejores muestras para estudios de análisis elemental de trazas de elementos. Su deficiencia de colección depende del tamaño del poro.
Teflón	Generalmente bajos pesos blancos. Fabricado con una base de carbón por lo que es inapropiado para el análisis de carbón. Usado principalmente para el análisis de asbestos y minerales. Diámetro promedio de poro de 0,8um.
Cloruro de polivinilo (Millipore)	Inerte a la adsorción de gases, pero también inapropiado para el análisis del carbón. Se disuelve en algunos solventes orgánicos. El único compatible con el método de análisis de difracción de rayos X.

Fuente: Manual técnico red MoniCA 2016.

En la Red MoniCA Bolivia el filtro a usarse dependerá del presupuesto que se pueda asignar, los filtros de membrana de teflón y policarbonato son costosos, sin embargo los filtros de fibra de vidrio con recubierta de teflón son económicos y cumplen con las características que se espera para el monitoreo. (Vasquez et al., 2016)

En este caso para el monitoreo correspondiente al presente trabajo, para el análisis de material particulado tomando en cuenta las recomendaciones de la NB 62014.

- Se llegaron a utilizar los filtros de fibra de vidrio o de cuarzo,

- Antes de pesar los filtros se tiene que controlar condiciones de humedad y temperatura del ambiente donde se realizará el procedimiento en cada operación de preparación y pesado de filtros.

Figura 4: Muestras de filtro en caja petri



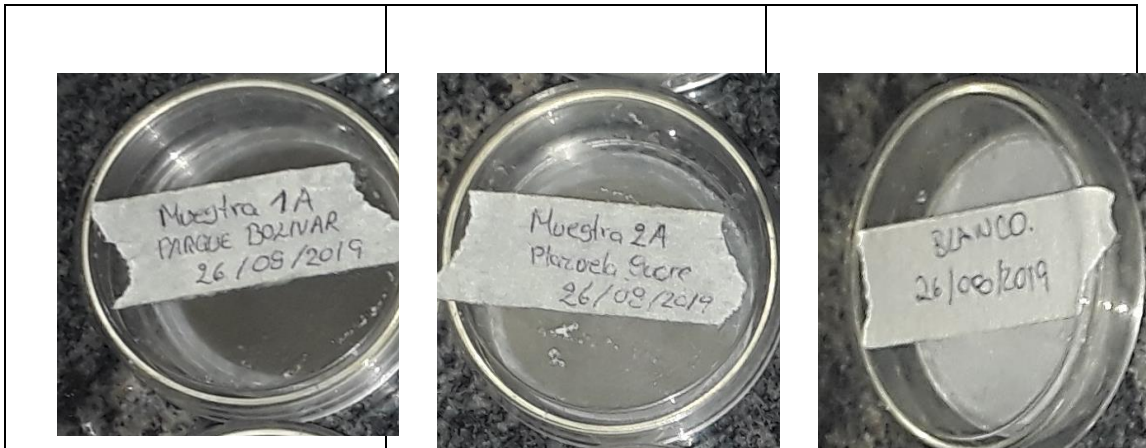
Fuente: Elaboración propia.

- Se llegó a preparar los filtros conservados en cajas Petri para cada monitoreo,
- Se prepara 3 filtros tomando en cuenta que los dos primeros filtros se codifica con numeración, orden alfabético, el código del lugar (o necesariamente el nombre del lugar) y la fecha del pesaje, en el que se encuentra el punto del monitoreo para un mayor desempeño de análisis y un último filtro en blanco en laboratorio como medida de control.

Los puntos a monitorear determinados por la Red MoniCA con sus respectivos datos y códigos son Parque Bolívar (PB) y Plazuela Sucre (PS) como se muestra en el siguiente cuadro de manera ordenada.

Tabla 2: Codificación de muestras.

Muestra 1A		Muestra 2A		Muestra Blanco A	
Parque Bolívar (PB)	Fecha: 26/08/19	Plazuela Sucre (PS)	Fecha: 26/08/19	Laboratorio	Fecha: 26/08/19



Fuente: Elaboración propia.

#### **b) Pesaje de filtros en laboratorio antes de su exposición**

Según la (NB 62014,2008) antes de realizar el monitoreo mediante el método activo se necesita pesar los filtros (con humedad y desecados) antes y después de su exposición tomando en cuenta el protocolo de medición.

- Se requiere verificar la balanza que esté funcionando correctamente mediante una masa patrón en caso de que la balanza no funcione correctamente hay que recalibrarla y verificar que se ha subsanado el problema.
- Se puede pesar un filtro previamente ambientado que conserva en laboratorio en una caja Petri como medida de control del correcto funcionamiento de la balanza.

Figura 5: Filtro previamente ambientado.



Fuente: Elaboración propia.

- Para el pesaje de los filtros es necesario manipularlos con pinzas de material inerte que no dejen residuos sobre el filtro, no se debe tocar el filtro con los dedos.
- También es necesario evitar la acumulación de cargas eléctricas estáticas, estas cargas estáticas pueden provocar un funcionamiento no apropiado de las balanzas eléctricas.
- Después de haber preparado los filtros con sus respectivas codificaciones, la balanza analítica antes de los pesajes se debe realizar el ajuste interno de la balanza en el panel de control de la misma y siempre tarar antes de cada pesaje de filtros.
- Se realiza la toma de datos de temperatura y humedad del ambiente.
- Se debe pesar los filtros 3 veces; la repetición del pesaje de un filtro se debe hacer después de haber pesado todos los filtros de una ronda de muestreo, si la diferencia de 2 valores de un mismo filtro sobrepasa 3 veces la precisión de la balanza es necesario repetir la operación de pesado de filtro.

- Por lo que en este trabajo para mayor precisión de datos en el pesaje se llegaron a pesar 6 veces cada filtro para mayor precisión, tomando en cuenta lo que indica la Norma Boliviana es necesario que en los 6 pesajes de los filtros, 3 coincidan y no tengan diferencia de valores caso contrario se debe repetir la operación.
- Una vez completados el pesaje de una ronda de muestreo se debe mantener los filtros en el desecador por un tiempo de 24 horas listos para su exposición.
- Tomar en cuenta que al retirar el filtro del desecador se debe tomar 1 minuto de tiempo para el pesado por cada filtro.

Los pesajes deben tomarse de acuerdo a la planilla de pesado de filtros en donde se toma los pesajes de los filtros no expuestos sin secar y desecados, así también los filtros ya recolectados que son los expuestos sin secar y desecados es decir se realiza 4 pesajes por cada filtro en una ronda de muestreo.

### **2.5.3. Fase de campo**

#### ***2.5.3.1. Monitoreo mediante muestreo activo del contaminante $PM_{10}$***

##### **a) Funcionamiento del equipo TAS (Tactical Air Sampler)**

Es importante seleccionar con cuidado el tipo de equipo, evaluando el costo del mismo, su complejidad y su funcionamiento. Existe una diversidad de tecnologías disponibles, en la Red MoniCA Bolivia se usan dos tipos: el Impactador Harvard MiniVol y el equipo MiniVol TAS (Tactical Air Sampler), ambos de bajo volumen. (Vasquez et al., 2016)

El equipo TAS es más versátil en cuanto a su empleo ya que puede ser instalado en diversos lugares con sus abrazaderas o correas (incluidas con el mismo equipo). Al tratarse de un equipo portable no es indispensable contar con conexión de energía eléctrica ya que cuenta con baterías recargables, lo cual hace que el trabajo de instalación y monitoreo sea más práctico. (Vasquez et al., 2016).

Figura 6: Equipo instalado en el punto de monitoreo



Fuente: Vásquez, 2016.

El Manual técnico de la Red de Monitoreo Bolivia estableció una Guía Rápida para el buen funcionamiento del equipo TAS para el Muestreo Pasivo (Véase anexo N°5).

Para el monitoreo mediante del equipo TAS se debe tomar en cuenta los siguientes controles y todos los modos de funcionamiento.

Figura 7: Controles de funcionamiento del MiniVol TAS





Fuente: Manual Minivol Tactical air Sampler.

Los siguientes controles se utilizan en el funcionamiento del MiniVol™ TAS:

- ◆ Elapsed Time Totalizer - Totalizador de tiempo transcurrido.
- ◆ Programmable Timer - Temporizador programable.
- ◆ Flow Meter - Medidor de corriente.
- ◆ Flow Rate Adjustment - Ajuste de la tasa de flujo.
- ◆ Low Flow Indicator - Indicador de flujo bajo.
- ◆ Low Battery Indicator - Indicador de batería baja.
- ◆ Low Flow / Low Battery Reset Button - Botón de reinicio de flujo bajo / batería baja.
- ◆ ON/AUTO/OFF Button - Botón ON / AUTO / OFF
- ◆ Battery slot - Ranura de la batería.
- ◆ Sampler Mount Thumbscrew - Tornillo de Montaje del Muestreo.
- ◆ In let tube compression fitting - Conexión de compresión para el tubo.

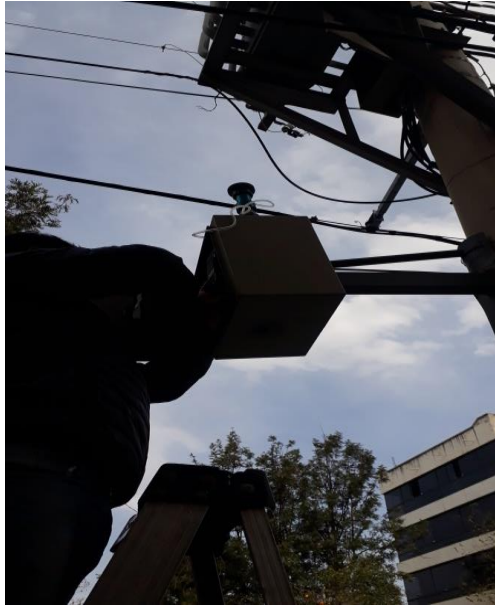
## b) Exposición y recolección de filtros

Antes de recoger un filtro expuesto, se debe inspeccionar el sitio de muestreo para detectar cualquier irregularidad como fuentes esporádicas de emisión de partículas (obras civiles eventuales, mantenimiento de vías, equipos pesados, etc.). También se debe inspeccionar el equipo de muestreo para detectar cualquier irregularidad o defecto de funcionamiento (cortes de energía eléctrica, defectos en la conexión de los equipos, tiempo de funcionamiento no cumplido, vandalismo, etc.). (IBNORCA, 2008)

**a) Exposición**

- Se debe portar los filtros en cajas Petri de vidrio o de plástico al transportar a los puntos de muestreo y llevando todos los materiales requeridos para su exposición de las muestras en los equipos instalados (TAS) en cada punto.
- Se debe desarmar el cabezal realizando y su respectivo mantenimiento colocando con un palillo de relleno la grasa al ras del impactador y limpiando la placa.
- Se saca el filtro a exponer de la caja Petri con una pinza, se coloca en el porta filtro y se vuelve a armar el cabezal y colocando en la parte superior del equipo.
- Una vez armado el cabezal y puesto en el equipo se coloca la batería y al encender el equipo se comienza con el ajuste del flujo de aire en el flujometro a 4,25  $\ell/\text{min}$ .
- Se anota la presión inicial, el tiempo transcurrido inicial y la temperatura ambiente en las planillas de datos, luego se procede a la programación en el temporizador del equipo tomando en cuenta el día y la hora de exposición.

Figura 8: Colocación de cabezal para exposición de muestra



Fuente: elaboración propia.

#### **b) Recolección**

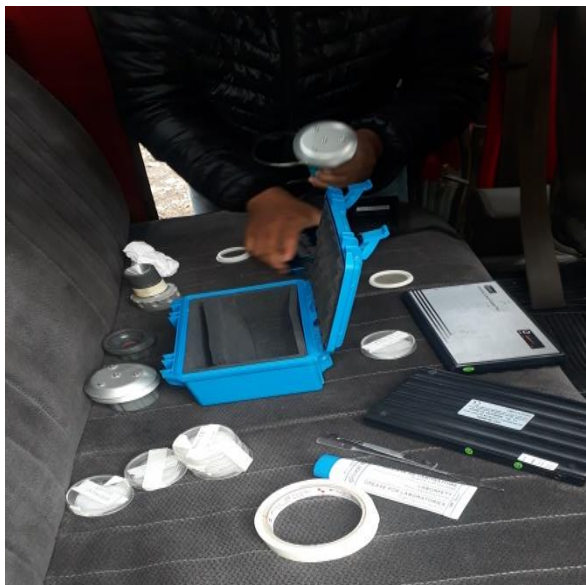
Tomando en cuenta que es un monitoreo continuo o secuencial, se debe llevar filtros en preparados para cada punto de monitoreo para colocarlo una vez haya terminado el periodo de exposición del filtro anterior.

- Para retirar el filtro expuesto anteriormente, se debe retirar el cabezal del equipo y desarmarlo.
- Verificar el flujo antes de retirar el filtro expuesto como presión final.
- Retirar el filtro utilizando pinzas y volver a realizar el mantenimiento colocando con un palillo de relleno la grasa al ras del impactador y limpiando la placa.
- Guardar el filtro expuesto en una caja Petri y colocar un nuevo filtro a exponer en el impactador y rearmarlo el cabezal.
- Una vez armado el cabezal y puesto en el equipo se coloca la batería y al encender el equipo se comienza con el ajuste del flujo de aire en el flujometro a 4,25  $\ell$ /min como presión inicial del nuevo filtro.

- Se anota la presión, el tiempo transcurrido y la temperatura ambiente en la planilla de datos, luego se procede a la programación en el temporizador del equipo tomando en cuenta el día y la hora de exposición.

Una vez verificado el flujo y las características del sitio, se programa el sistema de encendido de la bomba para que accione la bomba el día y la hora deseada por el periodo deseado. Lo usual es hacer medidas por un periodo de 24h. Empezando a las 0 horas del día y terminado a las 0 horas del día siguiente  $\pm 1h$ . (IBNORCA, 2008)

Figura 9: Recolección de muestra



Fuente: Elaboración propia.

#### **7.5.4. Fase de Post-campo**

##### **a) Sistematización de información de campo**

La Información debe estar completamente o en su parte transcrita, por lo que en este trabajo nos ayuda a deducir la forma de realizarlo.

Para la transcripción de la información existe cierto programa diseñado que realiza este procedimiento. Se reconoce la información por segunda vez, estos están sujetos a algunos elementos como la naturaleza de la información misma y los hábitos de trabajo del analista.

Se analizaron los resultados obtenidos de los filtros aún sin exponer y expuestos que se obtuvo durante todo el periodo de monitoreo.

#### **b) Cálculo de la concentración de partículas PM<sub>10</sub>**

Toda la información generada, datos de las hojas de campo, datos de las hojas de laboratorio y los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio y de gabinete, deben ser almacenados física y digitalmente. Por normativa la información generada en la Red MoniCA se expresa en microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), unidad estandarizada también a nivel internacional.

Una vez calculados todos los pesajes antes y después de sus exposición así como también los demás datos que se toman del equipo, datos de meteorológicos y la ubicación de los puntos de muestreo, se puede realizar el cálculo de las concentraciones del monitoreo, las siguientes ecuaciones son tomadas en cuenta y aplicadas en los cálculos.

El principio de funcionamiento de este método se basa en la determinación de partículas PM<sub>10</sub> por medio de la separación inercial, clasificando partículas con diferentes diámetros y capturándolas en un filtro, el cual es pesado antes y después de cada exposición, para determinar la masa de partículas atrapadas y luego la concentración de las mismas utilizando el caudal de bombeo y el tiempo de recolección, empleando la siguiente ecuación: (Vasquez et al., 2016). Para emplearlas se presentan en orden (Véase Anexo N°6) las cuales se aplican para determinar las concentraciones.

Las ecuaciones mencionadas son necesarias para los cálculos de material particulado menor a 10 micrómetros, el cálculo de las concentraciones se realiza tomando en cuenta las ecuaciones desarrolladas en las planillas y los datos anotados durante el monitoreo y laboratorio.

Es necesario registrar tanto la información de campo como la de laboratorio y los resultados por lo que también se han desarrollado planillas de Microsoft Excel con

formatos y cálculos preestablecidos que deben ser aplicadas para este tipo de monitoreos. (Vasquez et al., 2016)

**c) Procesamiento de información de las planillas para el cálculo de concentraciones**

Para el desarrollo del cálculo de concentraciones es necesario tomar en cuenta de las diferentes planillas que cuentan con datos tomados en campo, en la parte de laboratorio, así también información secundaria cuantitativa por lo que se refiere a los siguientes:

**Datos en laboratorio:** En la planilla de pesajes de filtros como control de las muestras se toma en cuenta la Humedad, Temperatura ambiente del laboratorio, Horas de secado y los pesajes de filtros de cada muestreo.

- Peso inicial del filtro.- Peso del filtro antes de su exposición.
- Peso final del filtro.- Peso del filtro después de su exposición.

Se toma registros de los datos mencionados y anotarlos en la planilla. (Véase anexo N° 7) para posteriormente ser utilizados en las hojas de Excel de cálculo.

**Datos en Campo:** Se debe tomar en cuenta datos registrados de acuerdo a la planilla de datos de campo del equipo TAS (véase anexo N°8) las cuales cuenta con los siguientes registros:

- ID del sitio.
- Muestra serie.
- Flujo y tiempo inicial.
- Presión y temperatura inicial.
- Flujo y tiempo final.
- Presión y temperatura final.

**Datos en Planillas Excel:** Para el cálculo de concentración de partículas menores a 10 micras la red de monitoreo cuenta con planilla de datos de Excel las cuales se toman en cuenta los registros de las planillas anteriores para la generación de resultados, se deben tomar en cuenta diferentes parámetros tanto de los equipos como

de las condiciones atmosféricas y toda la información de los puntos de muestreo. Siendo así los siguientes:

- Presión.- presión media diaria de cada día de monitoreo.
- Altura.- Altura de los puntos de monitoreo mediante google earth.
- Parámetros de manómetro. - Datos del manómetro. (Véase anexo N°9)
- Temperatura media diaria. - Temperaturas de cada día de monitoreo.
- Parámetros de TAS. - Datos del equipo tas. (Véase anexo N°10)
- Código de la estación. - Codificación de la estación con sus primeras letras de sus nombres.
- Punto de muestreo.- Nombre de las ubicaciones de los puntos de muestreo.
- Fecha de muestreo.
- Lectura del totalizador del tiempo.- Lectura del tiempo transcurrido de la exposición de muestreo.

**Datos atmosféricos:** Se obtuvo datos del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) que son necesarios para el cálculo de concentraciones que son las presiones medias diarias, temperaturas medias diarias y lo que son las precipitaciones y vientos. (Véase anexo N°11)

**Tabulación de datos:** Con estos datos generados de ambos puntos de monitoreo se procesó la información en las planillas en hojas de cálculo Excel obteniendo los resultados. Las planillas Excel se realiza la tabulación de datos mediante la recopilación de información ya mencionada que se toma en campo para la generación de datos o resultados del contaminante.

Para los cálculos de concentraciones se toman por estaciones en las cuales se debe tomar en cuenta la descripción de las hojas de cálculo en Excel de la siguiente manera:

La primera división de la planilla ya diseñada para los cálculos directos de concentraciones (véase anexo N° 12) toma en cuenta los siguientes datos con el código del filtro de manera numérica en orden y N° Serie TAS, que están divididos en:

- **Estimación de la presión atmosférica:** Los datos de las presiones atmosféricas de cada día de monitoreo en mm Hg, Presión Atmosférica al nivel del mar en mm Hg., el dato de la altitud de los puntos de monitoreo en metros y pies.
- **Cálculo del caudal por manómetro:** Los datos de parámetros del manómetro (datos cttes. pendiente e intercepto), presión ambiente real en mm Hg, temperatura ambiente real en ° C y ° K, lectura de manómetro dato ctte. ya establecido.
- **Cálculo del caudal por rotámetro:** Datos del parámetro del equipo TAS (datos cttes. pendiente e intercepto), lectura del rotámetro en ℓ/min, presión ambiente real en mm Hg, temperatura ambiente real en °K, presión estándar en mm Hg, temperatura estándar en °K. y ajuste del rotámetro en ℓ/min.

La segunda división de la planilla ya diseñada para los cálculos directos (véase anexo N°13) de concentraciones toma en cuenta los siguientes datos con el código del filtro de manera numérica en orden y el punto de muestreo, que están divididos en:

- **Coordenadas (UTM 20K):** Latitud, longitud, altitud.
- **Ubicación.**
- **Fecha.**
- **Peso inicial de filtro.**
- **Peso final del filtro.**
- **Peso del material particulado en [µg]**
- **Lectura del totalizador:** Tiempo inicial en hrs, tiempo final en hrs y tiempo de exposición en hrs.
- **Lectura del rotámetro:** Caudal inicial (ℓ/min), caudal final (ℓ/min) y caudal promedio (ℓ/min).
- **Caudal real en ℓ/min.**
- **Volumen real en m<sup>3</sup>**
- **Volumen estándar en m<sup>3</sup>**



Los resultados obtenidos del monitoreo del contaminante PM<sub>10</sub> mediante muestreos activo tabuladas en las hojas de cálculo de acuerdo a estipulado en el documento se presentan de la siguiente manera:

- **Concentración real en µg/m<sup>3</sup>**
- **Concentración estándar en µg/m<sup>3</sup>**

La información ya expresada en planillas presenta los resultados obtenidos durante el periodo establecido en el presente trabajo.

#### **d) Determinación De La Concentración ICA**

El índice de contaminación atmosférica (I<sub>i</sub>) es un valor adimensional calculado a partir de la información de concentración de los contaminantes y de los límites permisibles especificados en la norma NB 62011. Su objetivo es facilitar la comprensión de la información sobre el riesgo por la exposición de contaminantes atmosférico y las acciones que se pueden realizar. (Baldiviezo, 2013)

El ICA o I<sub>i</sub> asociado a cada uno de los contaminantes monitoreados se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$ICA = I_i = \frac{Ci * 100}{VLPi}$$

Dónde:

I<sub>i</sub> = Índice de la calidad del aire en función de cada contaminante. IPM<sub>10</sub>, INO<sub>2</sub>, IO<sub>3</sub>, ICO.

C<sub>i</sub> = Concentración medida de cada contaminante. CPM<sub>10</sub>, CNO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub>, CCO.

VLP<sub>i</sub> = Valor Límite Permisible de cada contaminante. VLPPM<sub>10</sub>, VLPNO<sub>2</sub>, VLPO<sub>3</sub>, VLPCO.

EL Valor límite permisible se puede tomar en cuenta de las tablas de límites permisibles que se ejercen en la Norma Boliviana NB 62011- Contaminantes

atmosféricos en exterior, Límites máximos permisibles, tabla que se presenta a continuación:

Tabla 3: Límites Máximos de contaminantes atmosféricos (utilizados para la determinación del Índice de Contaminación Atmosférica).

	Concentración límite $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo de exposición		Método de medición
<b>O<sub>3</sub></b>	100	8 h	Valor máximo del promedio móvil de 8 h en las 24 h precedentes.	NB 62013 NB 62017
	60	1 Año	Promedio geométrico anual.	
<b>NO<sub>2</sub></b>	200	1 hr	Valor máximo del promedio móvil de 1 h en las 24 h precedentes.	NB 62012 NB 62016
	150	24 h	Promedio de 24 h precedentes.	
	40	1 Año	Promedio geométrico anual.	
<b>PM<sub>10</sub></b>	50	24 h	Promedio de 24 h precedentes.	NB 62014
	20	1 Año	Promedio geométrico anual.	
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	25	24 h	Promedio de 24 h precedentes.	NB 62014
	10	1 Año	Promedio geométrico anual.	
<b>SO<sub>2</sub></b>	20	24 h	Promedio de 24 h precedentes.	
	260	24 h	Promedio de 24 h precedentes.	

Fuente : Norma Boliviana 62011.

También se puede tomar en cuenta en el cálculo los valores límites permisibles que se encuentran en la Ley de medio ambiente 1333 ubicada en el Reglamento de

Control y Contaminacion Atmosférica con los cuales se representada de la siguiente manera:

Tabla 4: Límites Permisibles de calidad del aire de la Ley 1333 de medio ambiente - Reglamento de control y contaminación atmosférica.

CONTAMINANTE	VALOR DE CONCENTRACION	PERIODO Y CARACTERIACIÓN ESTADÍSTICA
MONOXIDO DE CARBONO	10 mg/m <sup>3</sup> 40 mg/m <sup>3</sup>	Media en 8 hr media en 1 hr.
DIOXIDO DE AZUFRE	80 µg/m <sup>3</sup> 365µg/m <sup>3</sup>	Media aritmética anual media en 24 hr.
DIÓXIDO DE NITROGENO	150 µg/m <sup>3</sup> 400 µg/m <sup>3</sup>	Media en 24 hr promedio en 1 hr.
PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	260 µg/m <sup>3</sup> 75 µg/m <sup>3</sup>	24 hr media geométrica anual.
PARTÍCULAS MENORES DE 10 MICRAS (PM-10)	150 µg/m <sup>3</sup> 50 µg/m <sup>3</sup>	24 hr media geométrica anual.
OZONO	236 µg/m <sup>3</sup>	promedio horario

		máximo.
PLOMO	1.5 µg/m <sup>3</sup>	media aritmética trimestral.

Fuente : Reglamento En Materia De Contaminación Atmosférica.

El ICA de cada área representativa es el mayor de los valores registrados de los índices de los contaminantes criterio (IO<sub>3</sub>, INO<sub>2</sub>, IPM<sub>10</sub>, ICO), lo que significa que a mayor índice peor calidad del aire. (IBNORCA, 2018)

$$ICA = \text{Max} (IPM_{10}, INO_2, IO_3, ICO)$$

Una vez determinado el valor de ICA se realiza la interpretación de los resultados mediante la tabla del índice de calidad del aire que comprende una clasificación en intervalos de valores, determinación del estado del aire en colores y el riesgo de salud en las personas que se presenta a continuación.

Tabla 5: Tabla Índice de contaminación atmosférica (ICA).

<b>Índice de Contaminación Atmosférica</b>		
<b>Valor</b>	<b>Color</b>	<b>Riesgo para la salud</b>
0-49	Verde	Muy bajo
50-100	Amarillo	Bajo
101-150	Rojo	Moderado
151-300	Café	Alto
> 300	Negro	Muy alto

Fuente : Datos del Informe Nacional de Calidad del Aire.

Según los resultados ICA y la interpretación de acuerdo a la tabla se obtendrá información sobre la estadia del aire durante el periodo de monitoreo comprendido.

**e) Comparación y análisis de los resultados obtenidos con la Ley y NB.**

Una vez obtenidos los resultados durante el periodo de Septiembre a Diciembre de la presente gestión se llegará a tomar las siguientes consideraciones:

- Tabla de interpretación del índice de calidad del aire.
- Valores límites máximos para material particulado (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) en la Norma Boliviana y en la Ley de Medio Ambiente 1333 en comparación con los resultados obtenidos.
- Medidas de prevención y control.

La secuencia de información generada presenta discontinuidades en las labores de monitoreo de la calidad del aire y se observa grandes oscilaciones en los valores de concentración obtenidas tanto para tecnología pasiva como para tecnología activa al presentarse valores de concentración relativamente bajos para algunas muestras y muy elevados para otras, lo cual podría indicar algunos problemas durante preparación y/o análisis en laboratorio. (Baldiviezo, 2013)

**f) Análisis estadístico con datos de Muestreo Pasivo de la gestión 2014.**

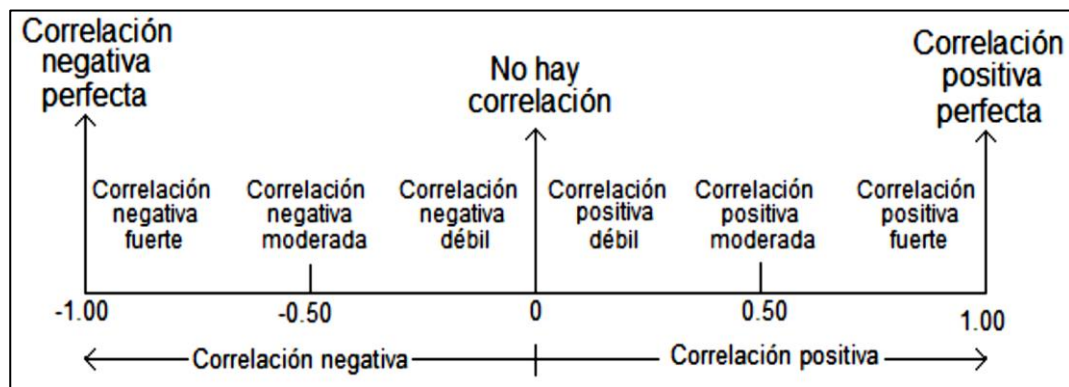
Como se mencionó anteriormente que se obtuvo datos en planillas oficiales de monitoreo de la Gestión 2014 para realizar un análisis estadístico con datos obtenidos mediante el muestreo pasivo por lo cual en el trabajo se tomo en cuenta datos de los puntos con alto tráfico vehicular (Mercado Campesino, Daniel Campos, Parque Bolívar y Ciudadela Universitaria) mencionados en el presente trabajo, los datos generados por la Red MoniCA-Tarija queda representados según la secuencia y el orden de datos en relación con el tiempo de manera mensual o mes en el año 2014 excepto para el mes de Julio en cuanto al contaminante NO<sub>2</sub> y los meses de enero y febrero para ambos contaminantes por lo que el análisis estadístico, se realizó por el método Correlación Lineal de Pearson para poder ver el grado de relación de la variable de concentración del contaminante y tiempo.

Al analizar los datos para este método se tuvo que separar los datos en función de cada punto de monitoreo para cada contaminante en donde como resultado presentan 8 tablas (vease anexo N°14) para poder realizar la Correlación de Pearson añadiendo a la vez la prueba de Hipótesis como parte de la interpretación. Este cálculo nos permite medir la fuerza y dirección de una relación lineal entre dos variables que se las puede tomar como variables “X” y “Y”, donde el resultado de una correlación en este método cuenta con un rango que es el siguiente:

$$-1 \leq r \leq 1$$

Este análisis de correlación consiste en calcular el coeficiente de correlación de Pearson (r) y describe la fuerza de la relación entre dos conjuntos de variables o el grado de covariación entre dos conjuntos de variables relacionadas linealmente. Su valor oscila entre -1,00 y +1,00, donde -1,00 indica una correlación negativa perfecta y +1,00 una correlación positiva perfecta. (Cuellar et.al., 2018)

Figura 10: Interpretación de los valores que entrega el coeficiente de correlación de Pearson



Fuente: (Cuellar et.al., 2018)

Para el cálculo mediante la herramienta Excel se aplica la fórmula correspondiente de la Correlación de Pearson que es la siguiente:

$$r = \frac{Cov(y, x)}{Sx Sy}$$

En donde:

r: Coeficiente de Correlación de Pearson.

cov (x,y): Covarianza entre X e Y

Sx: Desviación Estándar de X

Sy: Desviación Estándar de Y

Una vez realizado el cálculo de correlación para cada punto de monitoreo de cada contaminante se procedió a realizar la prueba de Hipótesis en donde se prueba si existe o no correlacion lineal para eso se utiliza el estadístico de prueba aplicando la siguiente formula:

$$t = r * \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

En donde:

t: estadístico de prueba.

r: es la correlacion lineal de pearson.

n-2: grados de libertad.

Una vez obtenido el estadístico de prueba se debe comparar mediante el valor crítico que es mediante la tabla t de student (vease anexo N°15), es decir es la “t” de tabulacion, ya obtenido este dato se puede determinar si:

Si  $t_c >$  Valor crítico, rechazar  $H_0$

Si  $t_c \leq$  Valor crítico, No rechazar  $H_0$

Con este procedimiento se puede determinar los valores de la correlación de Pearson de 2 grupos o dos colas.

**g) Elaboración del documento final**

Con toda la información sistematizada, analizada e interpretada se procedió a elaborar el documento final.

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

##### **3.1. Determinación de la concentración y el ICA del contaminante de $PM_{10}$ .**

El índice de la contaminación atmosférica diario ICA o It es un valor adimensional calculado a partir de la información de la concentración de los contaminantes criterio de referencia y de los valores límites permisibles especificados en la norma NB 62011. Su objetivo es facilitar la comprensión de la información sobre el riesgo de corto plazo en la salud por la exposición a los contaminantes del aire y las acciones de protección que se pueden utilizar. (IBNORCA, 2018)

Para poder aplicar la fórmula se toma en cuenta las variables que son la concentración medida del contaminante y el valor límite permisible del contaminante de la Ley 1333 y la Norma Boliviana 62011 mencionadas anteriormente y la fecha de monitoreo para orden de los datos por lo que se desarrolla de la siguiente manera:



➤ **Datos del Parque Bolívar** (fecha: 04/09/19)

$$C_i = 56,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{VLP}_i = 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$ICA = \frac{56,2 \mu\text{g}/\text{m}^3 * 100}{50 \mu\text{g}/\text{m}^3} = 112,36$$

➤ **Datos de la Plazuela Sucre** (fecha: 04/09/19)

$$C_i = 93,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{VLP}_i = 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$ICA = \frac{93,9 \mu\text{g}/\text{m}^3 * 100}{50 \mu\text{g}/\text{m}^3} = 187,70$$

Una vez ya obtenidas las concentraciones del monitoreo realizados para poder calcular el Índice de la contaminación atmosférica en planillas de Microsoft Excel, aplicando la fórmula de cálculo del ICA de ambos puntos de muestreo Parque Bolívar (PB) y Plazuela Sucre (PS), tomando en cuenta los valores que dispone la Norma Boliviana 62011 que cuenta con límites máximos permisibles concordantes con las recomendaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud y la Ley de Medio Ambiente 1333.

Los resultados del índice de contaminación atmosférica, aplicando los resultados de las concentraciones de material particulado menores a 10 micrómetros  $\text{PM}_{10}$  de los puntos de monitoreo Parque Bolívar y Plaza Sucre tomando en cuenta, valores establecidos de la NB62011, se puede apreciar en la siguiente tabla.

- **Resultados del ICA de los dos puntos de monitoreo que son el Parque Bolívar y la Plaza Sucre tomando en cuenta valores límites permisibles de NB 62011 en la Gestión 2019.**

Tabla 6: Valores de índice de contaminación atmosférica ICA en referencia al valor guía de la OMS de la gestión 2019.

Fecha	Concentraciones (PB)	Concentraciones (PS)	Valor NB 62011	Índice de Contaminación atmosférica (PB)	Índice de Contaminación atmosférica (PS)
			OMS		
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
<b>04/sep/19</b>	56,2	93,9	50	112,36	187,70
<b>05/sep/19</b>	103,0	114,3	50	206,01	228,60
<b>06/sep/19</b>	118,2	106,9	50	236,46	213,83
<b>11/sep/19</b>	61,4	20,8	50	122,83	41,60
<b>17/sep/19</b>	78,3	76,7	50	156,60	153,47
<b>18/sep/19</b>	101,0	101,5	50	201,96	203,03
<b>19/sep/19</b>	107,1	121,1	50	214,17	242,16
<b>26/sep/19</b>	121,4	113,4	50	242,74	226,71
<b>03/oct/19</b>	43,7	70,2	50	87,47	140,50
<b>09/oct/19</b>	76,6	70,7	50	153,25	141,46
<b>10/oct/19</b>	102,5	67,3	50	205,09	134,60
<b>13/nov/19</b>	45,0	42,5	50	89,90	85,07
<b>14/nov/19</b>	56,5	65,9	50	113,04	131,79
<b>19/nov/19</b>	---	55,7	50	---	111,38
<b>21/nov/19</b>	61,2	---	50	122,49	---

<b>9</b>					
<b>25/nov/19</b>	69,3	92,3	50	138,62	184,52
<b>26/nov/19</b>	38,7	19,5	50	77,44	38,91
<b>02/dic/19</b>	36,7	22,3	50	73,41	44,56
<b>05/dic/19</b>	19,8	---	50	39,67	---
<b>17/dic/19</b>	36,6	29,7	50	73,16	59,43
<b>18/dic/19</b>	---	43,7	50	---	87,42

Fuente: Elaboración Propia-

➤ **Presentación de resultados**

Como se puede apreciar en la tabla N°6 los valores del ICA tienen una relación con los resultados de las concentraciones, es decir cuando es elevada la concentración los resultados del ICA también serán mayores. Los valores mínimos y máximos en el monitoreo comprendido en el periodo del mes Septiembre a Diciembre se desarrollan de la siguiente manera.

Los valores en el punto de monitoreo del Parque Bolívar su máximo ICA es de 242,74 de la fecha 26 de Septiembre y el ICA mínimo es de 39,67 en fecha 5 de Diciembre.

Los valores en el punto de monitoreo de la plaza sucre su máximo ICA es de 242,16 de la fecha 19 de Septiembre y el ICA mínimo es de 38,91 en fecha 26 de Noviembre.

➤ **Resultados del ICA de los dos puntos de monitoreo que son el Parque Bolívar y la Plaza Sucre tomando en cuenta valores límites permisibles de la Ley de Medio Ambiente 1333 en la Gestión 2019.**

En la siguiente tabla se presenta los índices de contaminación atmosférica para ser comparados con los valores límites máximos permisibles de la Ley 1333 que cuenta

con valores más flexibles y los resultados son diferentes como se puede observar en los resultados del ICA.

Tabla 7: Valores de Índice de Contaminación Atmosférica ICA en referencia al límite establecido en la Ley N°1333 de la gestión 2019.

Fecha	Concentraciones (PB)	Concentraciones (PS)	Límite máximo permisible	Índice de Contaminación atmosférica (PB)	Índice de Contaminación atmosférica (PS)
			Ley 1333		
			µg/m3		
04/sep/19	56,2	93,9	150	37,45	62,57
05/sep/19	103,0	114,3	150	68,67	76,20
06/sep/19	118,2	106,9	150	78,82	71,28
11/sep/19	61,4	20,8	150	40,94	13,87
17/sep/19	78,3	76,7	150	52,20	51,16
18/sep/19	101,0	101,5	150	67,32	67,68
19/sep/19	107,1	121,1	150	71,39	80,72
26/sep/19	121,4	113,4	150	80,91	75,57

<b>9</b>					
<b>03/oct/19</b>	43,7	70,2	150	29,16	46,83
<b>09/oct/19</b>	76,6	70,7	150	51,08	47,15
<b>10/oct/19</b>	102,5	67,3	150	68,36	44,87
<b>13/nov/19</b>	45,0	42,5	150	29,97	28,36
<b>14/nov/19</b>	56,5	65,9	150	37,68	43,93
<b>19/nov/19</b>	---	55,7	150	---	37,13
<b>21/nov/19</b>	61,2	---	150	40,83	---
<b>25/nov/19</b>	69,3	92,3	150	46,21	61,51
<b>26/nov/19</b>	38,7	19,5	150	25,81	12,97
<b>02/dic/19</b>	36,7	22,3	150	24,47	14,85
<b>05/dic/19</b>	19,8	---	150	13,22	---
<b>17/dic/19</b>	36,6	29,7	150	24,39	19,81
<b>18/dic/19</b>	---	43,7	150	---	29,14

Fuente: Elaboración propia.

### ➤ Presentación de resultados

Como se puede apreciar en la tabla N°5 los valores del ICA tienen una relación con los resultados de las concentraciones. Los valores mínimos y máximos en el

monitoreo comprendido en el periodo del mes Septiembre a Diciembre se desarrollan de la siguiente manera.

Los valores en el punto de monitoreo del Parque Bolívar su máximo ICA es de 80,91 de la fecha 26 de Septiembre y el ICA mínimo es de 13,22 en fecha 5 de Diciembre.

Los valores en el punto de monitoreo de la Plaza Sucre su máximo ICA es de 80,72 de la fecha 19 de Septiembre y el ICA mínimo es de 12,97 en fecha 26 de Septiembre.

Se puede apreciar en ambas tablas la diferencia de ICA de los diferentes valores tomados en cuenta de la Ley 1333 y la NB 62011.

### **3.1.1. Tabla de interpretación e Índice de calidad del aire**

Se interpretó la tabla que se presenta a continuación del índice de contaminación atmosférica según los resultados obtenidos del contaminante criterio  $PM_{10}$  en el periodo de 4 meses de monitoreo que se realizó plasmado en el presente trabajo.

Tabla 8: Valores rango de ICA y sus acciones recomendadas.

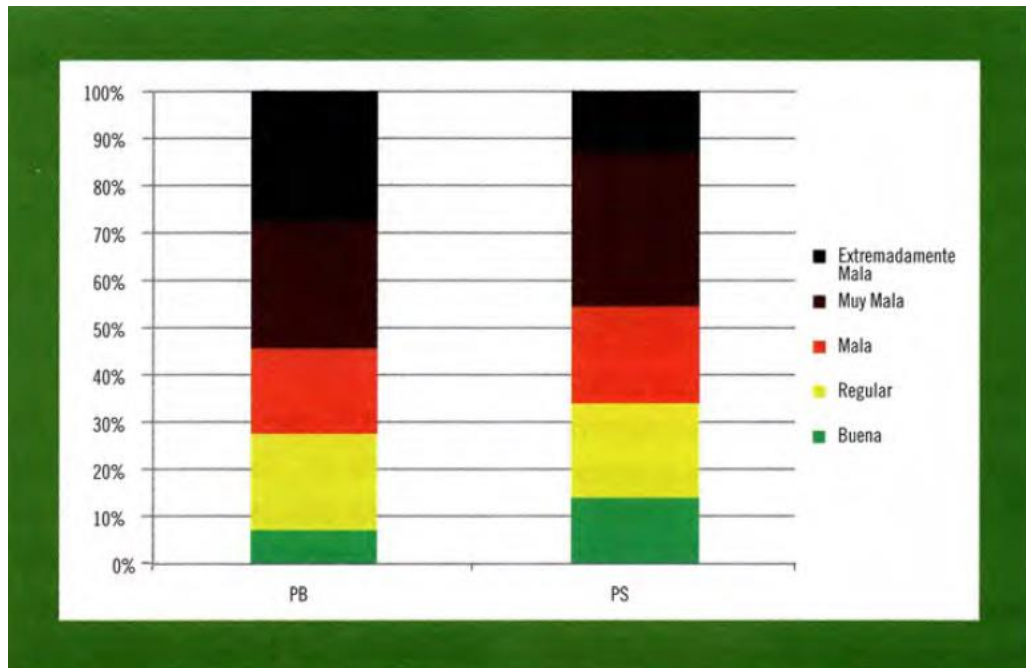
<b>Índice de la Contaminación Atmosférica</b>
---

Valor	Color	Calificativo	Riesgo para la salud	Acciones recomendadas
0-49	Verde	BUENO	Muy bajo	Adecuada para llevar a cabo las actividades al aire libre.
50-100	Amarillo	REGULAR	Bajo	Precaución en grupos de riesgo (niños, adultos, mayores y personas con enfermedades cardio-respiratorias).
101-150	Rojo	MALO (Grupo de riesgo)	Moderado	El grupo de riesgo debe evitar ambientes abiertos (niños, adultos, mayores y personas con enfermedades cardio-respiratorias).
151-300	Café	MUY MALO (Alerta sanitaria)	Alto	Causante de efectos adversos a la salud en la población particularmente en los niños, adultos, mayores y personas con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma. Reducir actividad física.
> 300	Negro	EXTREMADAMENTE MALO (Población completamente afectada acciones drásticas)	Muy alto	Causante de efectos adversos a la salud en la población en general. Se pueden presentar complicaciones graves en los niños, adultos, mayores y personas con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma. No exponerse al aire libre, mantenerse en ambientes cerrados como la casa, oficina, etc.

Fuente : Datos de la NB 62018, Calidad del Aire.

- **Comparación con el ICA calculado con referencia al valor guía según la NB 62011 de la gestión 2013 del mes de Junio a Diciembre.**

Figura 11: Distribución del Índice de Contaminación Atmosférica (ICA) en relación al  $PM_{10}$  en las estaciones de monitoreo activo de Parque Bolívar (PB) y Plaza Sucre (PS) de la gestión 2013. El ICA se calcula con referencia al valor guía de la OMS.



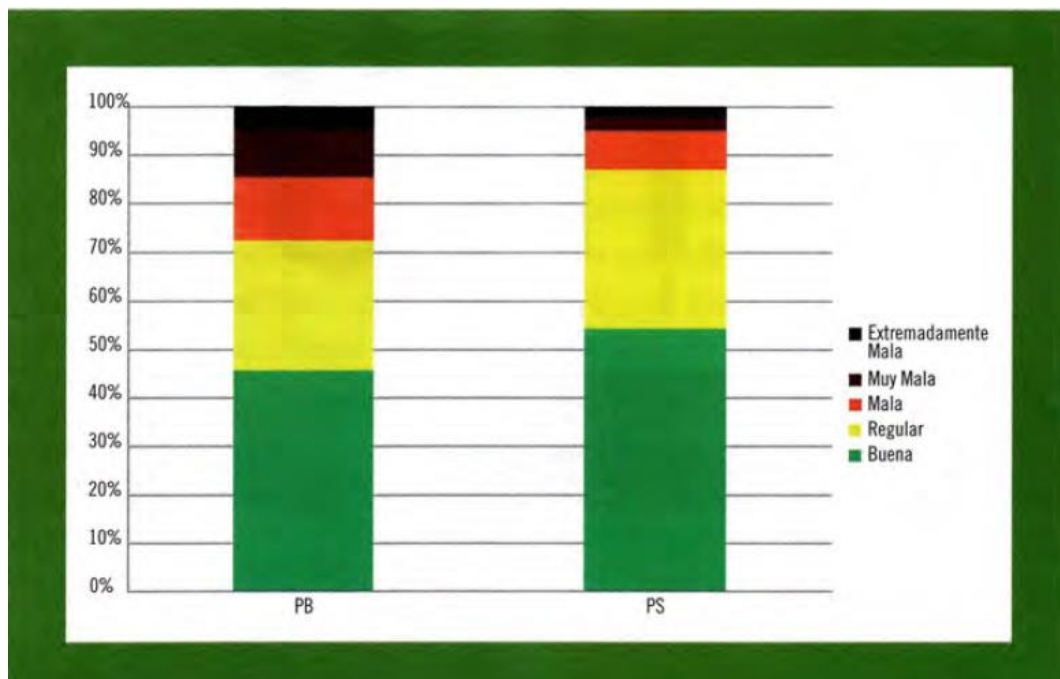
Fuente: (Baldiviezo, 2013)

En esta figura N°11 se puede ver una diferencia en la cual se caracteriza una predominancia con ICA EXTREMADAMENTE MALO, la diferencia se atribuye debido a que se pudo monitorear en los meses de junio a diciembre, meses en que se presentan condiciones climáticas secas y de fuertes vientos y actividades como chaqueos, remoción de suelos agrícolas para cultivo y debido a la fiesta de San Juan. Sin embargo, en los meses de septiembre a diciembre son meses en donde se presentan resultados bajos por presencia de lluvias y condiciones climáticas más húmedas y leves vientos.



- **Comparación con el ICA calculado con referencia al valor límite de la Ley 1333 de la gestión 2013 del mes de Junio a Diciembre**

Figura 12: Distribución del índice de contaminación atmosférica (ICA) en relación al PM<sub>10</sub> en las estaciones de monitoreo activo de Parque Bolívar (PB) y Plaza Sucre (PS) de la gestión 2013. El ICA se calcula con referencia al límite establecido en la Ley N<sup>ro</sup> 1333.



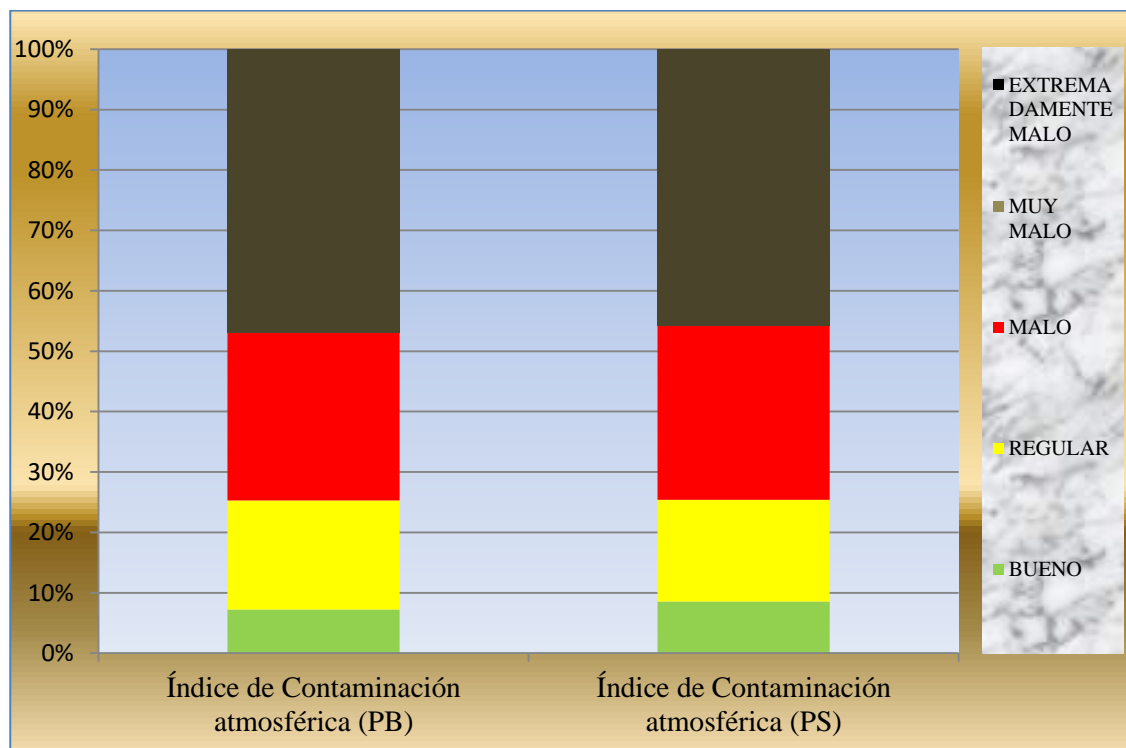
Fuente: (Baldiviezo, 2013)

En esta figura N°12 se puede ver una diferencia en comparación con la gráfica actual en la cual se caracteriza una predominancia de BUENA, con ICA (malo y extremadamente malo), la diferencia se atribuye como anteriormente se menciona que son meses en que se presentan condiciones climáticas secas y de fuertes vientos y actividades como chaqueos, remoción de suelos agrícolas para cultivo y debido a la fiesta de San Juan.

- **Índice de la calidad del aire calculado con referencia a valor límite permisible de Norma Boliviana 62011 en la Gestión 2019.**

Para mayor comprensión se realizaron interpretaciones de gráficas de Índice de contaminación atmosférica en relación con el contaminante PM<sub>10</sub> en las dos estaciones de monitoreo con la metodología de muestreo activo que se encuentran ubicadas en el Parque Bolívar y la Plazuela Sucre las cuales se expresan de la siguiente forma.

Figura 13: Distribución del Índice de Contaminación atmosférica (ICA) calculado y comparación en referencia al valor guía de la NB 62011 del contaminante PM<sub>10</sub> en las dos estaciones de monitoreo activo - Parque Bolívar (PB) y Plaza Sucre (PS) en la Gestión 2019.



Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Interpretación y discusión**

En la figura N°13 se muestra la distribución del ICA calculado en cuanto a valores de la NB 62011 para la ciudad de Tarija en el periodo del mes de septiembre a diciembre, se puede observar que en ambos puntos de monitoreo de acuerdo a la

normativa boliviana nos encontramos en un rango predominante de calidad del aire MUY MALO, debido a sucesos que se puede ver a detalle a continuacion:

Índices de contaminación atmosférica durante el incendio sucedido en la comunidad de Bella Vista del 19 al 26 de septiembre:

Parque Bolivar:

Concentración  $107,1 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 214,17 Muy Malo) - Fecha 19/09/19

Concentración  $121,4 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 242,74 Muy Malo) - Fecha 26/09/19

Plaza Sucre:

Concentración  $121,1 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 242,16 Muy Malo) - Fecha 19/09/19

Concentración  $113,4 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 226,71 Muy Malo) - Fecha 26/09/19

Índices de contaminación atmosférica durante el incendio sucedido en la comunidad de La Victoria del 13 al 17 de septiembre:

Parque Bolivar:

Concentración  $78,3 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 156,60 Muy Malo) - Fecha 17/09/19

Concentración  $101,0 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 201,96 Muy Malo) - Fecha 18/09/19

Plaza Sucre:

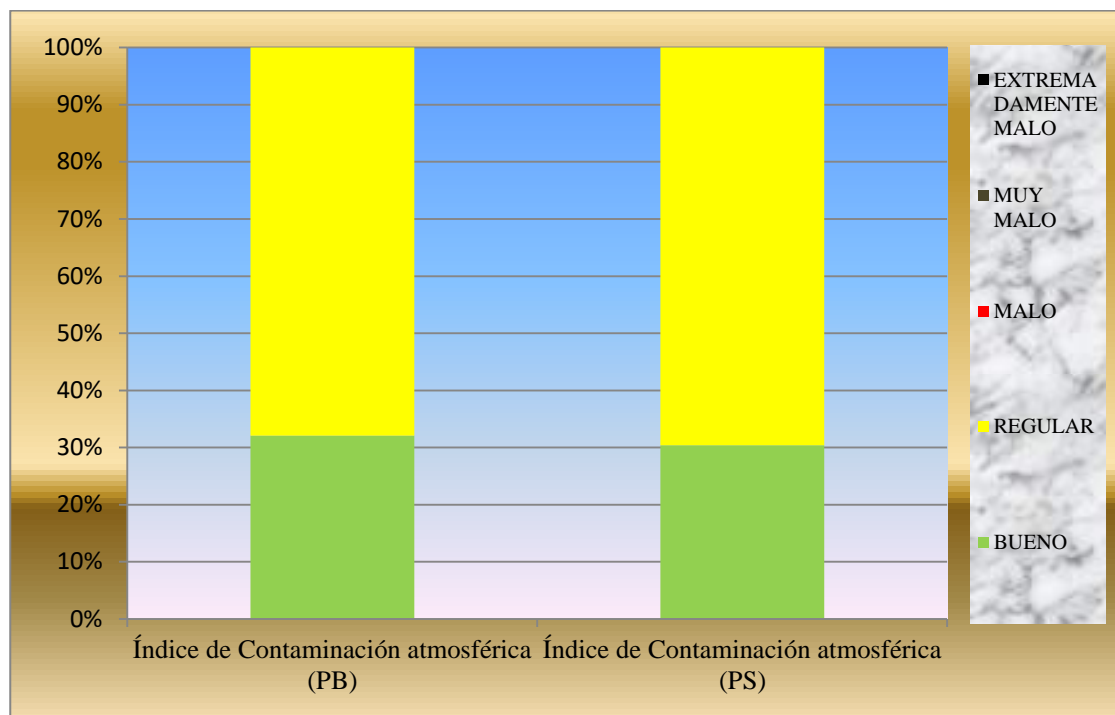
Concentración  $76,7 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 153,47 Muy Malo) - Fecha 17/09/19

Concentración  $101,5 \text{ ug/m}^3$  (ICA = 203,3 Muy Malo) - Fecha 18/09/19

Esta gráfica implica que el riesgo de intoxicación muy alto causa los efectos adversos a la salud en la población particularmente en los niños, adultos, mayores y personas con enfermedades cardiovasculares y/o respiratorias como el asma. Es de necesidad reducir actividad física en estos casos.

- **Índice de la calidad del aire calculado con referencia a valor límite de la ley 1333 de medio ambiente.**

Figura 14: Distribución del Índice de Contaminación atmosférica (ICA) calculado en referencia al valor límite de la Ley 1333 del contaminante PM10 en las dos estaciones de monitoreo activo - Parque Bolívar (PB) y Plaza Sucre (PS) en la gestión 2019.



Fuente: Elaboracion Propia.

➤ **Interpretación y discusión**

En la figura N°14 se muestra la distribución del ICA calculado en cuanto a valor límite de la Ley 1333 para la ciudad de Tarija en el periodo del mes de septiembre a diciembre, se puede observar que es muy diferente a la anterior gráfica ya que los valores límites de la Ley de Medio Ambiente 1333 son muy flexibles, en ambos puntos de monitoreo predomina un ICA REGULAR, debido a sucesos que se puede ver a detalle a continuación:

Índices de contaminación atmosférica gestión 2019 durante el incendio sucedido en la comunidad de Bella Vista del 19 al 26 de septiembre:

Parque Bolivar:

Concentración 107,1 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 71,39 Regular) - Fecha 19/09/19

Concentración 121,4 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 80,91 Regular) - Fecha 26/09/19

Plaza Sucre:

Concentración 121,1 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 80,72 Regular) - Fecha 19/09/19

Concentración 113,4 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 75,57 Regular) - Fecha 26/09/19

Índices de contaminación atmosférica durante el incendio sucedido en la comunidad de La Victoria del 13 al 17 de septiembre:

Parque Bolivar:

Concentración 78,3 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 52,20 Regular) - Fecha 17/09/19

Concentración 101,0 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 67,32 Regular) - Fecha 18/09/19

Plaza Sucre:

Concentración 76,7 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 51,16 Regular) - Fecha 17/09/19

Concentración 101,5 ug/m<sup>3</sup> (ICA = 67,68 Regular) - Fecha 18/09/19

Estos resultados indican la precaución sobre el aumento del contaminante y el grupo de riesgos en niños, adultos y personas con afecciones respiratorias.

### **3.2. Comparación y análisis de los resultados con el Reglamento En Materia De Control y Contaminación Atmosférica y la NB 62011 de la gestión 2019.**

En este periodo que comprende del mes de septiembre a diciembre se pudo apreciar notables cambios en las condiciones atmosféricas en donde hubo días secos intensos y días con lluvias fuertes, además se presentaron sucesos como incendios forestales de gran magnitud en lugares cercanos al área urbana de la ciudad, como la variación del tráfico vehicular según eventos y las actividades de los días festivos de fin de año.

Las concentraciones ya obtenidas del monitoreo serán plasmadas en gráficos tomando en cuenta el valor límite permisible que rige la Ley 1333 y la Norma Boliviana 62011, en donde se observa y se puede analizar los sucesos en todos los meses comprendidos por el monitoreo, es de tomar en cuenta que el monitoreo por la

preparación de equipos y la asesoría para el manejo de los mismos, por lo que se realizó desde el mes de Septiembre hasta el mes de Diciembre con días variados de monitoreos por motivos de disposición de transporte u otros sucesos como lluvias intensas y paros nacionales. Se presentan de la siguiente manera:

➤ **Resultados de concentraciones, comparación y análisis de los dos puntos de monitoreo del Parque Bolívar y Plaza Sucre con el Reglamento En Materia De Control y Contaminación Atmosférica y la NB 62011 de la Gestión 2019.**

A continuación se presenta las concentraciones obtenidas durante el monitoreo comprendido en los meses de septiembre a diciembre en ambos puntos de muestreo activo que son Parque Bolívar y la Plaza Sucre tomando en cuenta fechas y valores obtenidos en comparación con los valores límites permisibles que presenta la Ley de Medio Ambiente 1333 y la NB 62011.

Tabla 9: Comparación en concentraciones de PM10 del monitoreo comprendido del mes de septiembre a diciembre de los dos puntos de monitoreo (PB) y (PS) gestión 2019.

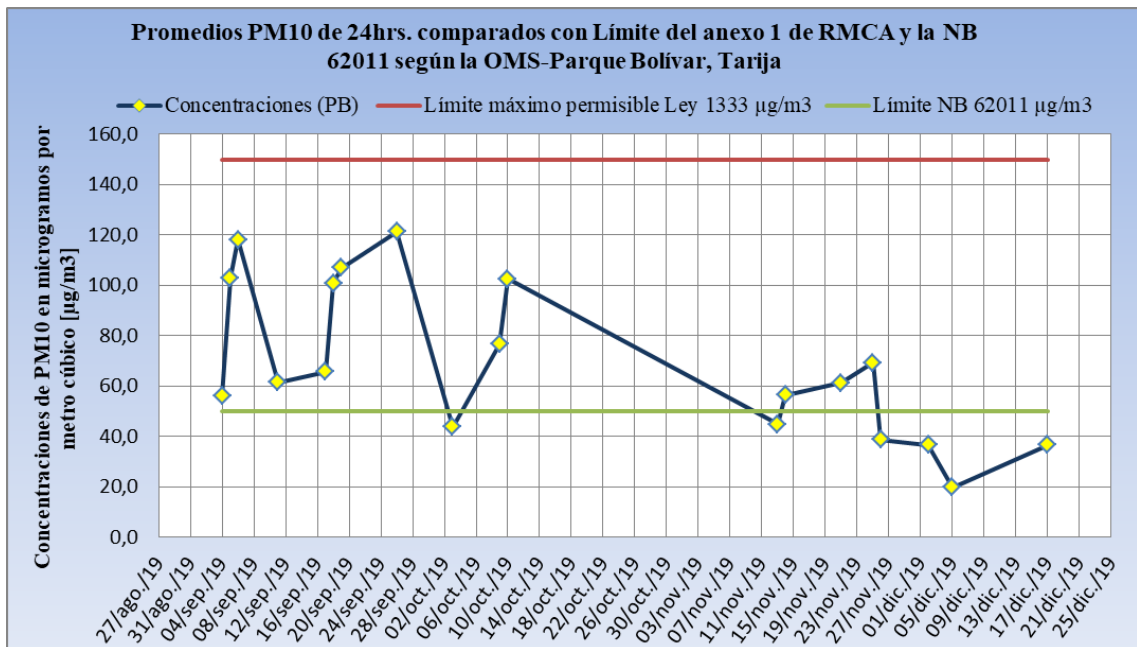
Fecha	Parque Bolívar	Plaza Sucre	Límite máximo permisible Ley 1333 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valor Guía OMS $\mu\text{g}/\text{m}^3$
04/sep/19	56,2	93,9	150	50
05/sep/19	103,0	114,3	150	50
06/sep/19	118,2	106,9	150	50
11/sep/19	61,4	20,8	150	50
17/sep/19	78,3	76,7	150	50
18/sep/19	101,0	101,5	150	50
19/sep/19	107,1	121,1	150	50
26/sep/19	121,4	113,4	150	50
03/oct/19	43,7	70,2	150	50
09/oct/19	76,6	70,7	150	50
10/oct/19	102,5	67,3	150	50

13/nov/19	<b>45,0</b>	<b>42,5</b>	150	50
14/nov/19	<b>56,5</b>	<b>65,9</b>	150	50
19/nov/19	---	<b>55,7</b>	150	50
21/nov/19	<b>61,2</b>	---	150	50
25/nov/19	<b>69,3</b>	<b>92,3</b>	150	50
26/nov/19	<b>38,7</b>	<b>19,5</b>	150	50
02/dic/19	<b>36,7</b>	<b>22,3</b>	150	50
05/dic/19	<b>19,8</b>	---	150	50
17/dic/19	<b>36,6</b>	<b>29,7</b>	150	50
18/dic/19	---	<b>43,7</b>	150	50

Fuente: Elaboración propia.

Estos datos se interpretó mediante representaciones en gráfico tomando en cuenta el valor límite permisible que rige la Ley 1333 y la Norma Boliviana 62011 para cada punto de monitoreo, en donde se observa y se puede analizar los sucesos en todos los meses comprendidos por el monitoreo. Por lo que los resultados obtenidos en este periodo de tiempo son los siguientes. Se presenta la siguiente gráfica tomando en cuenta el valor límite permisible que rige la Ley 1333 y la Norma Boliviana 62011 del punto de monitoreo Parque Bolívar.

Figura 15: Resultados del Monitoreo del mes de Septiembre a Diciembre comparados con la Ley 1333 y NB 62011, en el punto de monitoreo del Parque Bolívar de la gestión 2019.



Fuente: Elaboracion Propia.

- **Interpretación y discusión**

En la siguiente figura N°15 se puede apreciar resultados promedios diarios a condiciones atmosféricas locales de material particulado (polvos, humos, vapores) en suspensión medidos en los meses de Septiembre y Diciembre del 2019, comparados con el límite de 150 microgramos por metro cúbico del Anexo 1 de RMCA de la ley 1333 de medio ambiente en donde en el primer punto de monitoreo ubicado en el parque Bolívar presenta todos los promedios por debajo del límite permisible.

En cuanto a los promedios diarios a condiciones atmosféricas locales de material particulado en suspensión comparados con el límite de 50 microgramos por metro cúbico de la Norma Boliviana 62011 en donde el primer punto de monitoreo ubicado en el Parque Bolívar presenta 13 promedios que superan el límite y 7 promedios por debajo del límite.

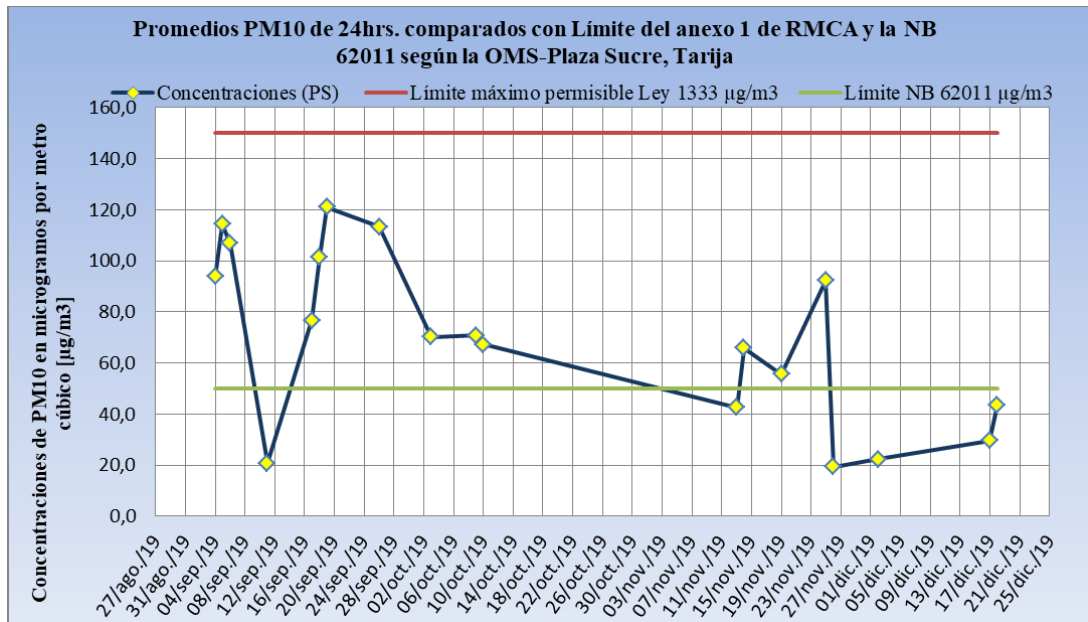
- El promedio más alto es de 121,4 µg/m<sup>3</sup> en fecha 26 de Septiembre mientras que el más bajo es de 19,8 µg/m<sup>3</sup> en fecha 5 de Diciembre.

Se presenta la siguiente gráfica tomando en cuenta el valor límite permisible que rige la Ley 1333 y la Norma Boliviana 62011 del punto de monitoreo Plaza Sucre, en



donde se observa y se puede analizar los sucesos en todos los meses comprendidos por el monitoreo. Por lo que los resultados obtenidos en este tiempo son los siguientes:

Figura 16: Resultados del Monitoreo del mes de Septiembre a Diciembre comparados con la Ley 1333 y NB 62011, en el punto de monitoreo de la Plaza Sucre de la gestión 2019.



Fuente: Elaboracion propia.

**- Interpretación y discusión**

En la siguiente figura N°16 se puede apreciar resultados promedios diarios a condiciones atmosféricas locales de material particulado (polvos, humos, vapores de máquinas industriales) en suspensión medidos en los meses de septiembre y diciembre del 2019, comparados con el límite de 150 microgramos por metro cúbico del anexo 1 de RMCA de la Ley 1333 de Medio Ambiente en donde en el primer

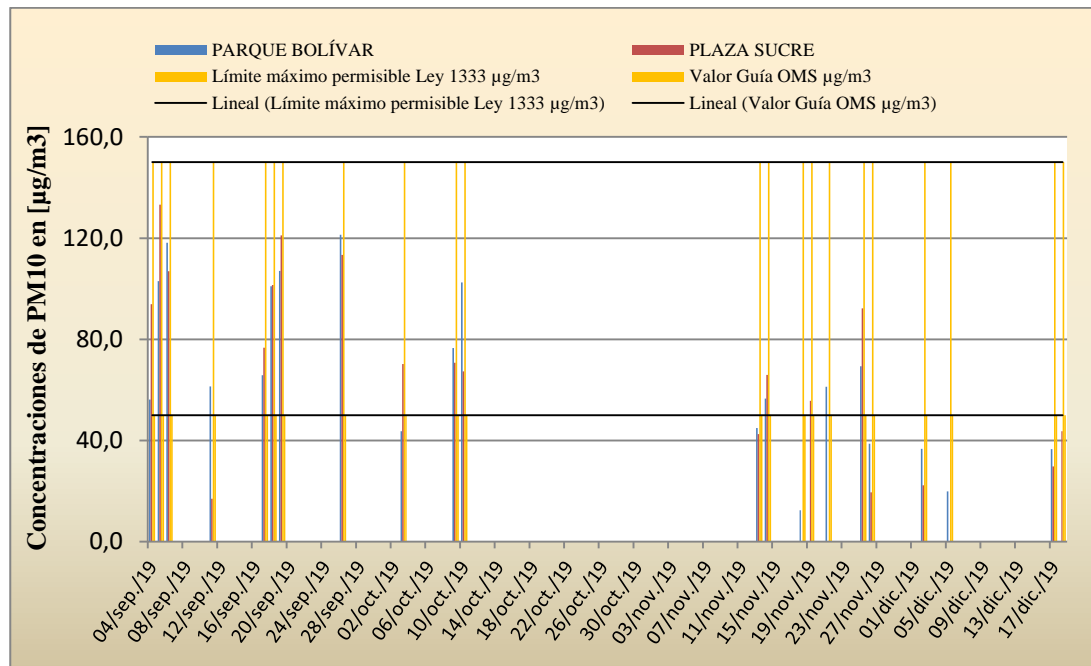
punto de monitoreo ubicado en la Plaza Sucre presenta todos los promedios por debajo del valor límite permisible.

Los promedios diarios a condiciones atmosféricas locales de material particulado en suspensión comparados con el límite de 50 microgramos por metro cúbico de la Norma Boliviana 62011 en donde el segundo punto de monitoreo ubicado en la Plaza Sucre presenta 13 promedios que se encuentran por encima del límite y 6 promedios por debajo del límite.

- En donde el promedio más alto es de 121,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de fecha 19 de septiembre mientras que el más bajo es de 19,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en fecha 26 de noviembre.

Se presenta la siguiente gráfica tomando en cuenta el valor límite permisible que rige la Ley 1333 y la Norma Boliviana 62011 que presenta una comparación de promedios diarios de concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  en ambos puntos de monitoreo Parque Bolívar y Plaza Sucre.

Figura 17: Concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  medidas en la estación de la Plaza Sucre y Parque Bolívar comparados con la Ley 1333 del anexo 1 y la NB 62011 en los meses de Septiembre a Diciembre del 2019



Fuente: Elaboracion Propia.

#### - Interpretación y discusión

En la figura N°17 se puede apreciar los niveles de concentraciones promedios de 24hrs. las variaciones entre ambas estaciones de los puntos de monitoreo, también se puede notar que no sobrepasa los límites del Anexo 1 de la ley 1333, mientras que en la Norma Boliviana 62011, se presentan promedios de ambos puntos que sobrepasan el límite, los meses en donde se predominan mayores concentraciones elevadas de partículas en suspensión.

Todos estos resultados se atribuyen a la presencia de polvos, humos (combustión e industrial) y vapores e implica un riesgo de intoxicación crónica, en son en los meses de septiembre a octubre por las diferentes condiciones atmosféricas como ser la temperatura moderada en esos meses, con ausencia de precipitaciones y vientos surestes leves, en los últimos meses siendo los mas lluviosos en noviembre y diciembre, los notables vientos surestes leves según registros del SENAMHI que pasan por la ciudad, hubo acontecimientos de fenómenos antrópicos como incendios forestales en las comunidades de Bella Vista y la Victoria suceso de varios días,

mientras que en los meses de Noviembre a Diciembre las temperaturas ascienden un poco más, con presencia de precipitaciones moderadas.

➤ **Resultados de cálculo de Correlación de Pearson con datos del Monitoreo Pasivo de la gestión 2014 de los contaminantes Dioxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>), comparación entre correlaciones y análisis de los cuatro puntos de monitoreo.**

Se realizó el cálculo de correlacion lineal de Pearson mediante Excel de los cuatro puntos de monitoreo que son: Mercado Campesino, Daniel Campos, Parque Bolívar y Ciudadela Universitaria para cada concentración del contaminante generado en cada punto. En base de la información de los resultados de concentraciones en los diferentes puntos de monitoreo generados por Red MoniCA de la gestión 2014 los cuales también se tomarán en cuenta en función de los meses de manera secuencial.

Para lo cual se aplica la fórmula general de la Correlacion lineal de Pearson obteniendo los siguientes resultados en gráficas de dispersion y su respectiva correlación.

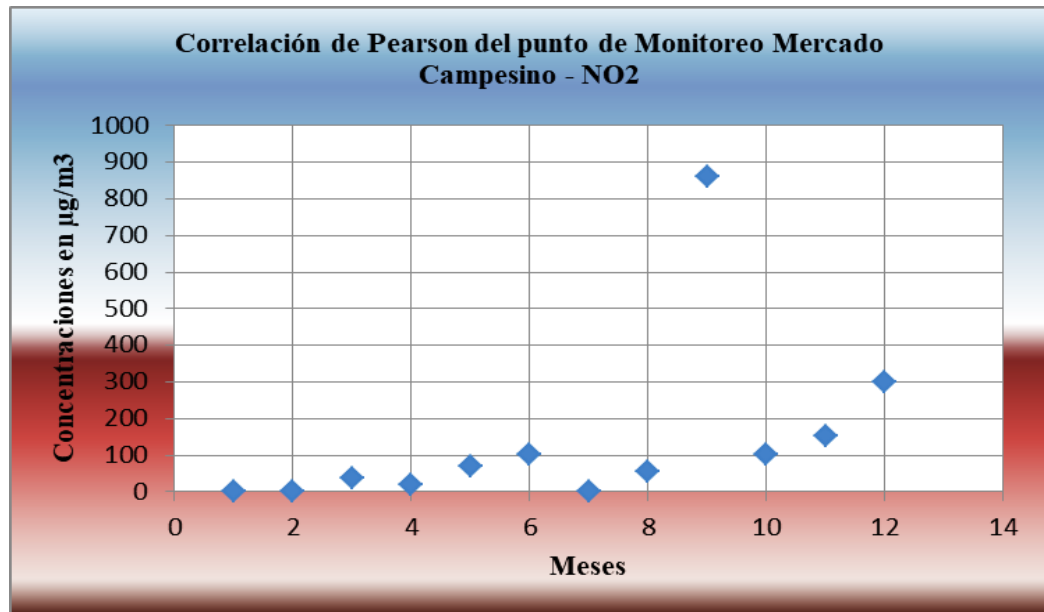
Una vez realizado el cálculo de correlación para cada punto de monitoreo de cada contaminante se procedió a realizar la prueba de Hipótesis en donde se prueba si existe o no correlacion lineal para eso se utiliza el estadístico de prueba.

Una vez obtenido el estadístico de prueba se debe comparar con el valor crítico que es mediante la tabla t de student, es decir es la “t” de tabulacion, ya obtenido este dato se puede determinar así:

Si $t_c >$ Valor crítico, rechazar H0
Si $t_c \leq$ Valor crítico, No rechazar H0

- **Punto de monitoreo Mercado Campesino (MC) - Contaminante NO<sub>2</sub>**  
Correlación:  $r_{NO_2} = 0,4796742$

Figura 18: Gráfica de Dispersión del contaminante NO2 en función de los Meses de la gestión 2014 – Mercado Campesino



Fuente: Elaboración Propia.

Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,4796742 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,4796742^2}} = 1,7287237$$

Valor crítico

$$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$$

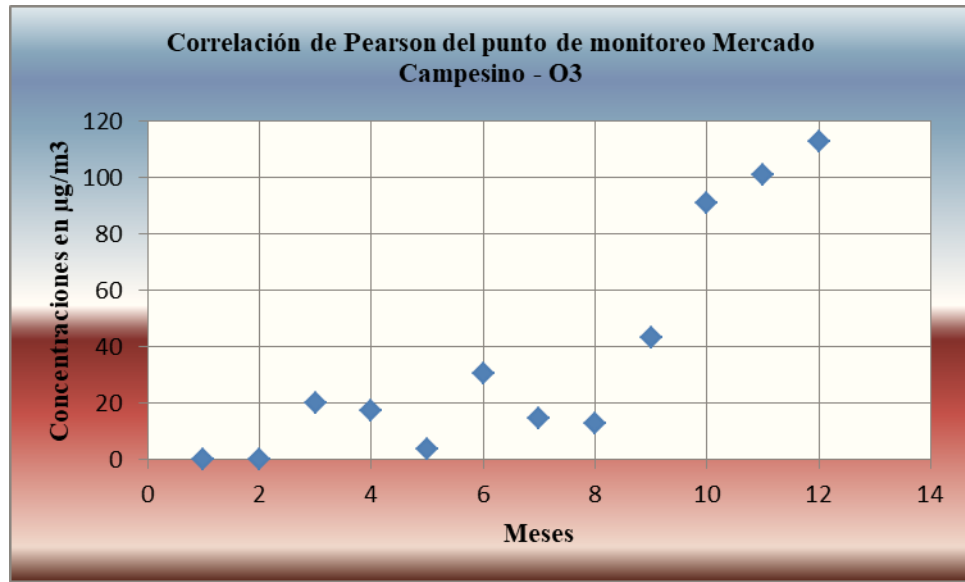
- **Interpretación y discusión**

En este caso no se puede rechazar la Hipótesis Nula ya que el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es menor que el valor crítico tabulado  $t_{\text{tabulado}}$ , aún así se puede decir que el coeficiente de correlación es débil pero sí existe correlación positiva diferente de 0 por lo que se toma en cuenta la hipótesis nula.

○ **Punto de monitoreo Mercado Campesino (MC) - Contaminante O<sub>3</sub>**

Correlación:  $r_{O_3} = 0,85811238$

Figura 19: Gráfica de Dispersión del contaminante O<sub>3</sub> en función de los Meses de la Gestión 2014 - Mercado Campesino



Fuente: Elaboración Propia.

Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,85811238 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,85811238^2}} = 5,28488974$$

Valor crítico

$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$ .

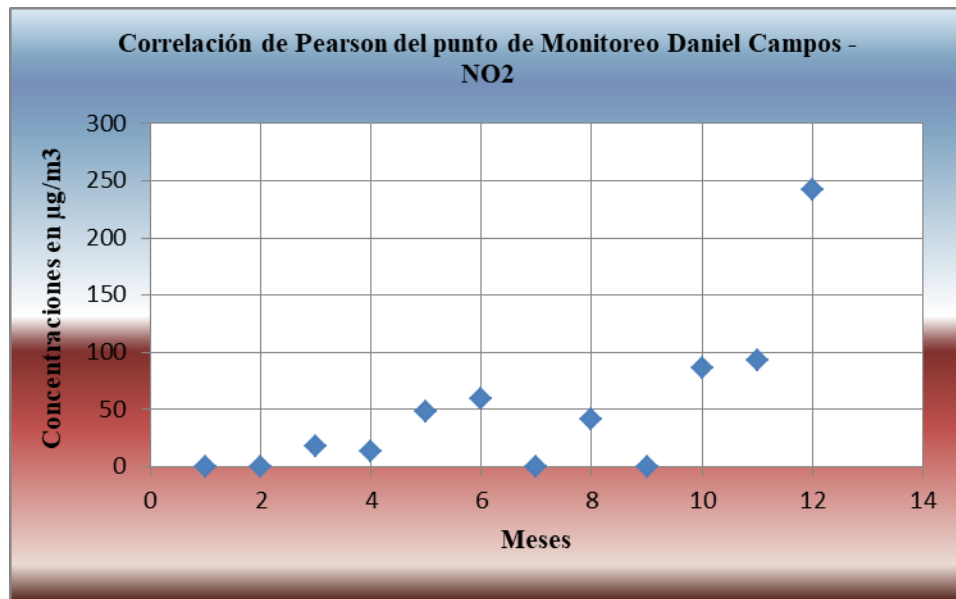
- **Interpretación y discusión**

En este caso el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es mayor que el valor crítico  $t_{\text{tabulado}}$ , se puede decir que el coeficiente de correlación es alto y sí existe correlación positiva diferente de 0 por lo que no se toma en cuenta la hipótesis nula.

○ **Punto de monitoreo Daniel Campos (DC) – Contaminante NO<sub>2</sub>**

Correlación:  $r_{\text{NO}_2} = 0,6984151$

Figura 20: Gráfica de Dispersión del contaminante NO<sub>2</sub> en función de los Meses de la Gestión 2014 – Daniel Campos



Fuente: Elaboración Propia.

Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,6984151 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,6984151^2}} = 3,0859362$$

Valor crítico

$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$ .

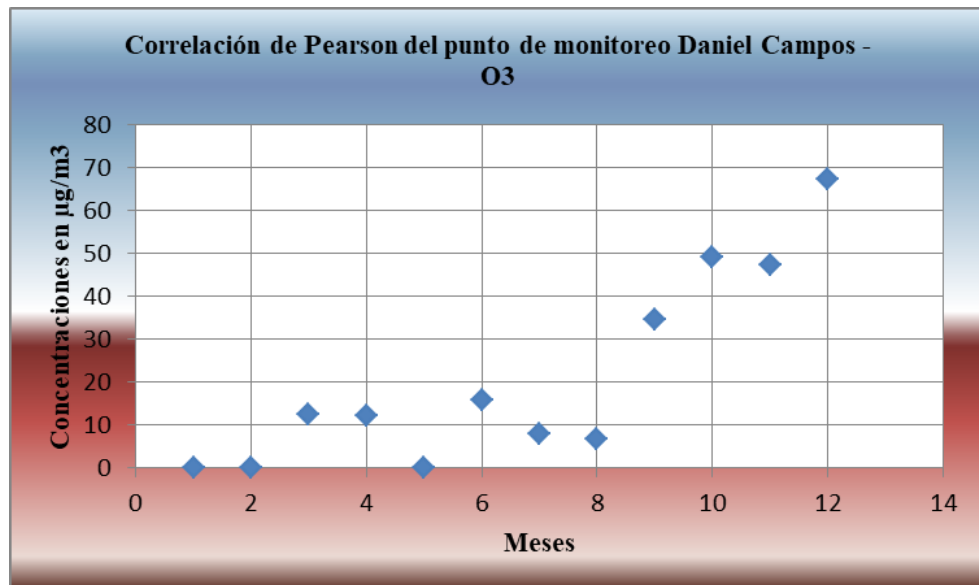
- **Interpretación y discusión**

En este caso el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es mayor que el valor crítico  $t_{\text{tabulado}}$ , se puede decir que el coeficiente de correlación es alto y sí existe correlación positiva diferente de 0 por lo que no se toma en cuenta la hipótesis nula.

o **Punto de monitoreo Daniel Campos (DC) – Contaminante O<sub>3</sub>**

Correlación:  $r_{O_3} = 0,85774776$

Figura 21: Gráfica de Dispersión del contaminante O<sub>3</sub> en función de los Meses de la Gestión 2014 – Daniel Campos



Fuente: Elaboración Propia.

Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,85774776 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,85774776^2}} = 5,27638733$$



Valor crítico

$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$ .

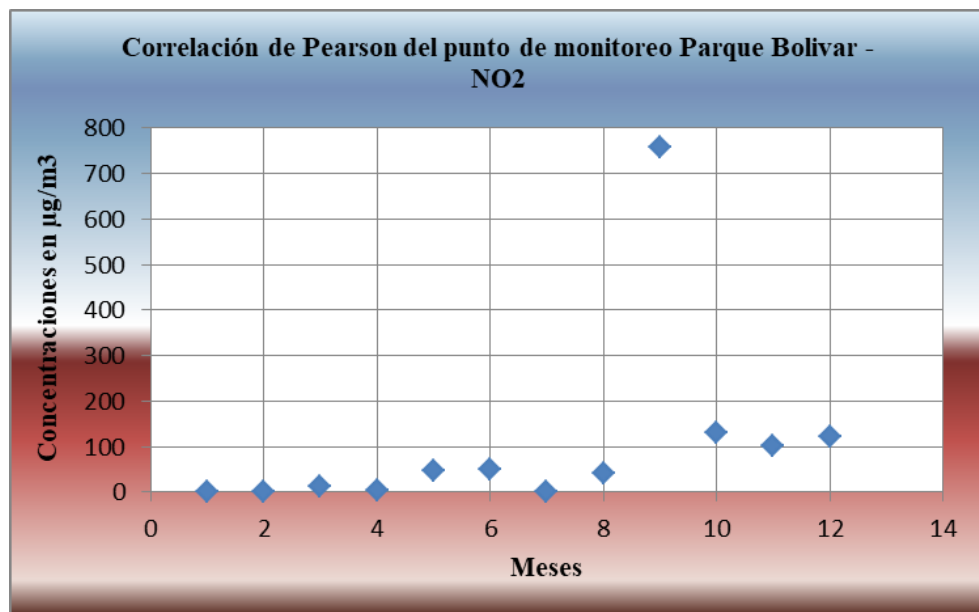
- **Interpretación y discusión**

En este caso el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es mayor que el valor crítico  $t_{\text{tabulado}}$ , lo que nos da a entender que el coeficiente de correlación es alto y sí existe correlación positiva diferente de 0 por lo que no se toma en cuenta la hipótesis nula.

o **Punto de monitoreo Parque Bolivar (PB) – Contaminante NO<sub>2</sub>**

Correlación:  $r_{\text{NO}_2} = 0,4051843$

Figura 22: Gráfica de Dispersión del contaminante NO<sub>2</sub> en función de los Meses de la Gestin 2014 – Parque Bolivar.



^ Fuente: Elaboración Propia.

Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,4051843 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,4051843^2}} = 1,4015055$$

Valor crítico

$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$ .

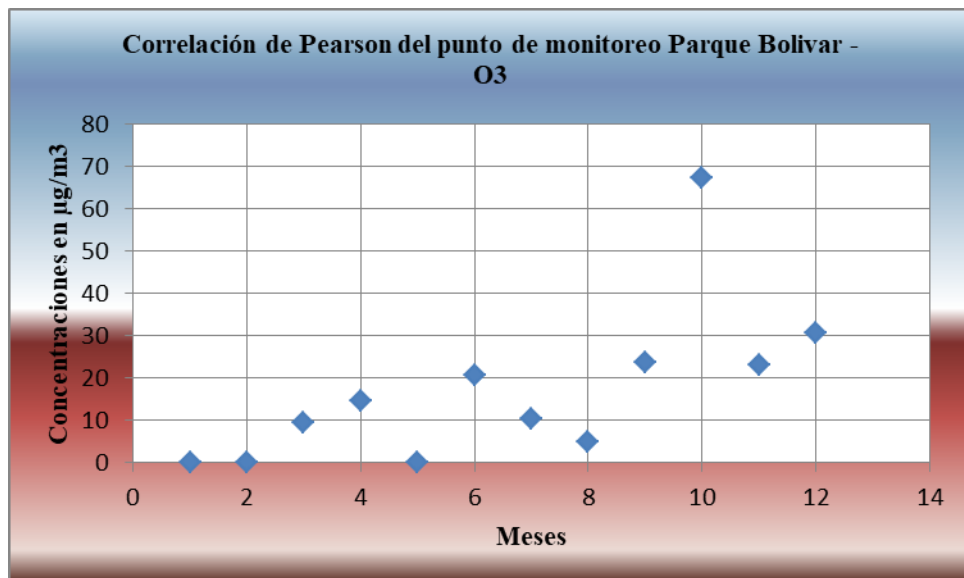
- **Interpretación y discusión**

En este caso no se puede rechazar la Hipótesis Nula ya que el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es menor que el valor crítico  $t_{\text{tabulado}}$ , aún así se puede decir que el coeficiente de correlación es débil pero sí existe correlación positiva diferente de 0 por lo que se toma en cuenta la hipótesis nula.

**Punto de monitoreo Parque Bolivar (PB) – Contaminante O<sub>3</sub>**

Correlación:  $r_{O_3} = 0,66603566$

Figura 23: Gráfica de Dispersión del contaminante O<sub>3</sub> en función de los Meses de la Gestión 2014 – Parque Bolivar



Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,66603566 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,66603566^2}} = 2,82361378$$

Valor crítico

$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$ .

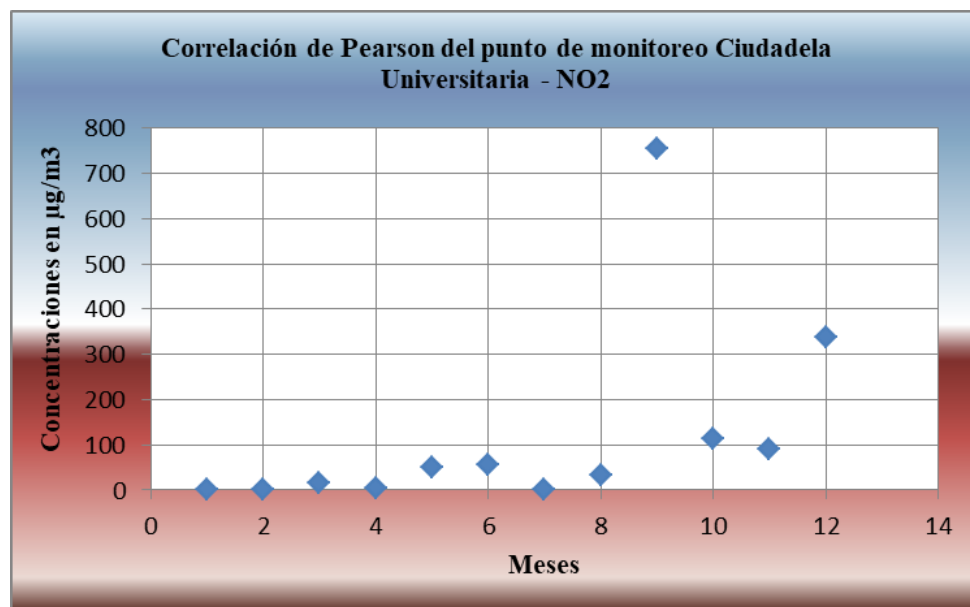
### Interpretación y discusión

En este caso el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es mayor que el valor crítico  $t_{\text{tabulado}}$ , se puede decir que el coeficiente de correlación es moderado y sí existe correlación positiva diferente de 0 por lo que no se toma en cuenta la hipótesis nula.

- **Punto de monitoreo Ciudadela Universitaria (CIU) – Contaminante NO<sub>2</sub>**

Correlación:  $r_{\text{NO}_2} = 0,5061824$

Figura 24: Gráfica de Dispersión del contaminante NO<sub>2</sub> en función de los Meses de la Gestión 2014 – Ciudadela Universitaria



Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,5061824 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,5061824^2}} = 1,8560298$$

Valor crítico

$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$ .

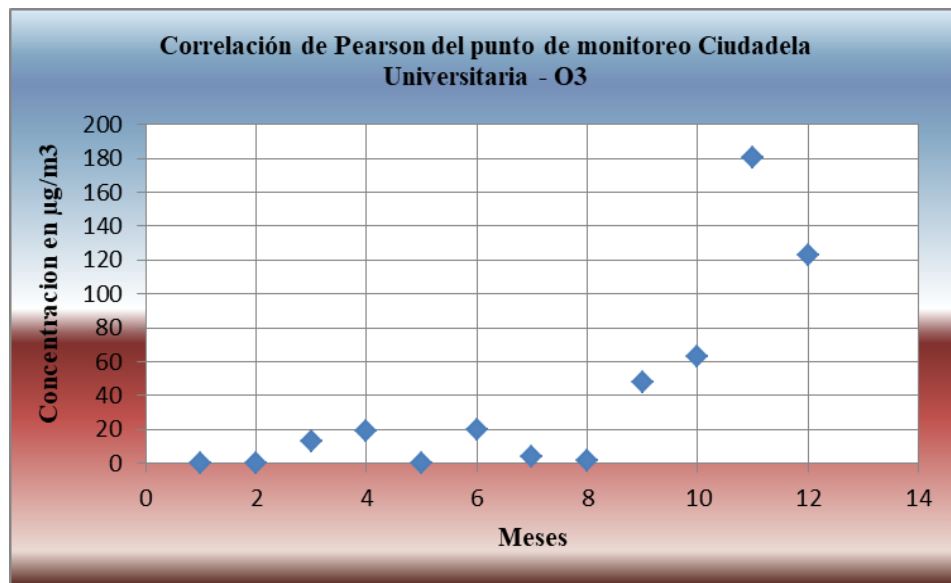
- **Interpretación y discusión**

En este caso no se puede rechazar la Hipotesis Nula ya que el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es menor que el valor crítico  $t_{\text{tabulado}}$ , aún así se puede decir que el coeficiente de correlación es débil pero sí existe correlación positiva diferente de 0 por lo que se toma en cuenta la hipótesis nula.

o **Punto de monitoreo Ciudadela Universitaria (CIU) – Contaminante O<sub>3</sub>**

Correlación:  $r_{O_3} = 0,75878996$

Figura 25: Gráfica de Dispersión del contaminante O<sub>3</sub> en función de los Meses de la Gestión 2014 – Ciudadela Universitaria



Prueba de Hipótesis:

Estadístico de prueba ( $t_{\text{calculado}}$ ):

$$t = 0,75878996 * \sqrt{\frac{n - 10}{1 - 0,75878996^2}} = 3,68397686$$

Valor crítico

$t_{\text{tabulado}} = 2,2281389$ .

- **Interpretación y discusión**

En este caso el estadístico de prueba  $t_{\text{calculado}}$  es mayor que el valor crítico  $t_{\text{tabulado}}$ , se puede decir que el coeficiente de correlación es alto y si existe correlación positiva diferente de 0 por lo que no se toma en cuenta la hipótesis nula.

➤ **Resultados General de Correlación de Pearson de los contaminantes Dióxido de Nitrogeno (NO<sub>2</sub>) y Ozono Troposferico (O<sub>3</sub>) de cada punto de monitoreo, comparación entre correlaciones.**

De acuerdo a los resultados generados anteriormente de los cuatro puntos de monitoreo que son: Mercado Campesino, Daniel Campos, Parque Bolívar y Ciudadela Universitaria. Están representadas en la siguiente tabla a continuación:

Tabla 10: Comparación de correlación de Pearson de puntos de monitoreo en ambos contaminantes atmosféricos NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>.

Gases contaminantes	Correlaciones			
	MC	DC	PB	CIU
Dióxido de Nitrogeno (NO <sub>2</sub> )	0,4796741 7	0,6984151 3	0,4051843 4	0,5061823 7
Ozono Troposférico (O <sub>3</sub> )	0,8581123 8	0,8577477 6	0,6660356 6	0,7587899 6

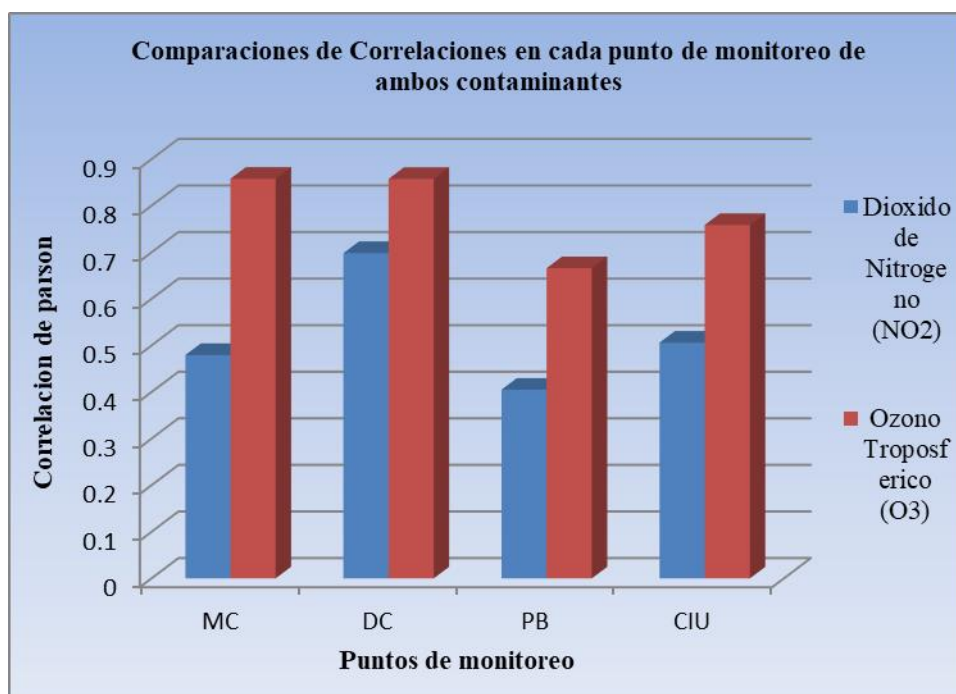
Fuente: Elaboración Propia.

La información de los resultados de correlaciones en los diferentes puntos de monitoreo generados de la gestión 2014 permite interpretar diferencias de correlación en ambos contaminantes.

Se puede ver en la tabla N12 que los datos de color azul son correlaciones con una prueba de Hipótesis Nula lo cual quiere representar que no existe correlación aún teniendo un resultado diferente de “0” por lo cual afirma que en el contaminante NO<sub>2</sub> no existe en su mayoría una buena correlación lineal, mientras que el O<sub>3</sub> troposférico sí tiene una correlación lineal alta.

Para lo cual se puede ver una comparación general de la Correlación lineal de Pearson obteniendo los siguientes resultados en gráfica.

Figura 26: Gráfica en columnas de la Correlación Lineal en cada punto de monitoreo de ambos contaminantes NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>



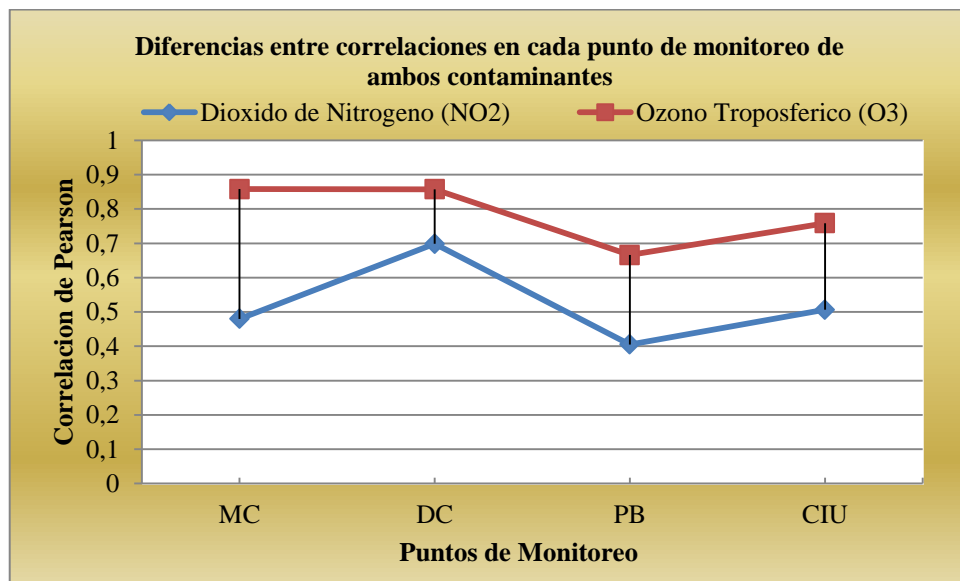
#### - Interpretación y discusión

En la siguiente figura se puede apreciar que las correlaciones mas altas se encuentran en los puntos de monitoreo Mercado Campesino y Daniel Campos en relación con el contaminante O<sub>3</sub> mientras los valores mas bajos son Parque Bolivar y

Mercado Campesino pertenecientes al contaminante NO<sub>2</sub>, también se puede ver la predominancia de correlaciones altas en el contaminante O<sub>3</sub>. Esto también se debe a un leve discontinuidad en la secuencia en los puntos de monitoreo del contaminante NO<sub>2</sub> en el mes de Julio.

En conclusion nos indica que hay mayor correlación en los datos de Ozono Troposférico de cada mes y una sola correlación alta en los datos de Dióxido De Nitrógeno mientras que las demas son bajas.

Figura 27: Gráfica de diferencias de la Correlación Lineal en cada punto de monitoreo de ambos contaminantes NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>



- **Interpretación y discusión**

En la siguiente figura se puede apreciar que las diferencias de las correlaciones de los contaminantes para cada punto de monitoreo, la más alta se encuentran en el punto de monitoreo Mercado Campesino mientras las diferencia mas baja es del punto de monitoreo Daniel Campos, las que se encuentran en una diferencia moderada son Parque Bolivar y Ciudad Universitaria.

La correlación de ambos contaminantes en el punto de monitoreo Daniel Campos tienen los valores más cercanos entre sí. Los demás puntos muestran valores muy diferentes.

Estos resultados nos indica que las variable es notable las correlaciones en el NO<sub>2</sub>, mientras que en el O<sub>3</sub> troposférico pueda tomarse otra variable que sea más proporcional al contaminante, también se debe tomar en cuenta al parque automotor los vehiculos no pasan por el mismo lugar o punto de monitoreo así que es una variable muy dinámica en cuanto a datos.

### **3.2.1. Interpretar la información sobre el riesgo por la exposición de los contaminantes.**

- **Partículas en suspensión de menores a 10 micrometros**

Según la OMS, los efectos en la salud son amplios, relacionados en algunos casos con síntomas en las vías respiratorias superiores, como reacciones alérgicas, congestión nasal, sinusitis, tos, fiebre del heno, irritación en los ojos, entre otros. En otros casos, se relacionan con síntomas en las vías respiratorias inferiores, que requieren un tratamiento especial, como bronquitis, asma, enfisema, entre otros. También se presentan problemas severos, como cáncer de pulmón y anomalías reproductivas. (Gaviria Carlos et.al., 2008)

Una amplia evidencia muestra cómo el riesgo de problemas respiratorios o cardiovasculares aumenta con la exposición, y algunos estudios revelan un valor mínimo por debajo del cual no existan efectos adversos en la salud. (Gaviria Carlos et.al., 2008)

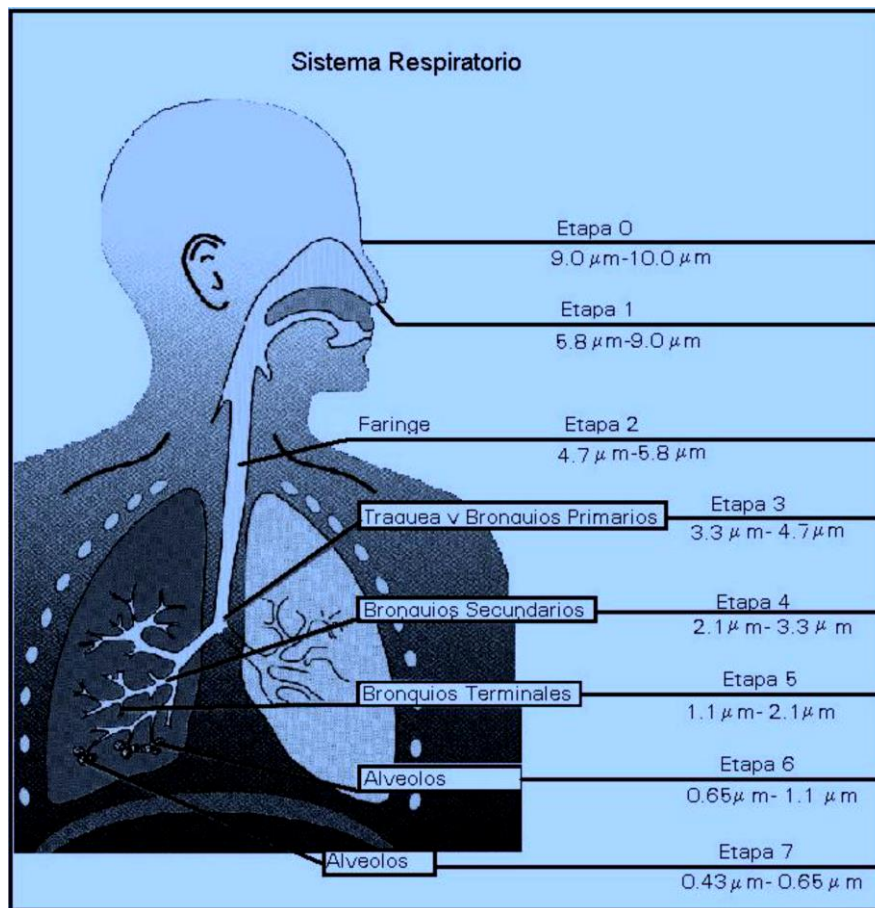
El PM<sub>10</sub> es considerado respirable debido a que ingresa al sistema respiratorio produciendo trastornos sanguíneos y por defecto enfermedades cardiovasculares, no obstante el PM<sub>2.5</sub> penetra desde los bronquios secundarios, bronquios terminales hasta los alvéolos en el pulmón. (Ugarte, 2013)

Cuando el diámetro del PM (material particulado) alcanza los 5,8 – 4,7 µm, las partículas penetran en la faringe, luego a la tráquea (diámetro 4,7 – 3,3 µm), bronquios (diámetro 3,3 – 1,1 µm) y finalmente a los alvéolos (diámetro 1,1 – 0,65 µm) en los pulmones. Al llegar a los pulmones (diámetro < 2,5 µm), el PM (material particulado) puede producir daños cancerígenos y mutaciones. (Ugarte, 2013)



Los estudios de deposición de partículas en los pulmones no consideran el cambio de tamaño que pueden sufrir las partículas como resultado de la absorción de agua líquida por parte de las partículas solubles. Cuando partículas secas (pero solubles) entran en el cuerpo, donde la humedad relativa excede el 99%, estas aumentan sustancialmente su diámetro. Se ha descubierto que las partículas depositadas en los pulmones en el rango de 0,5 a 1 $\mu$ m. incrementan su tamaño por absorción de agua. Modelos realizados tomando en cuenta estos efectos higroscópicos, han mostrado que partículas solubles en el rango de “acumulación” (0,08 a ~2 $\mu$ m) pueden causar graves problemas pulmonares, cosa que no sucede con partículas insolubles en este mismo rango. (Ugarte, 2013)

Figura 28: Sistema respiratorio y tamaños de material particulado



Fuente: Marlene Rosas Ugarte, 2013.

La fracción de material particulado que se monitorea en la Red MoniCA es de un diámetro menor a 10  $\mu\text{m}$ . Que es también llamada torácica, pues las partículas de esas dimensiones puede llegar hasta la tráquea y los pulmones. Diámetros más grandes son generalmente retenidos en la nariz o en la faringe. (Baldiviezo, 2013)

El aire de la ciudad de Tarija presenta concentraciones elevadas de  $\text{PM}_{10}$  debido esencialmente a que existen fuentes de emisión de este tipo de partículas. Las más importantes son: las partículas por tráfico vehicular, emisiones de material particulado por el parque automotor, aviones, chaqueos e incendios, y emisiones industriales. (Baldiviezo, 2013)

- **Dióxido de Nitrógeno**

Bajo las condiciones de alta temperatura y presión que imperan en el motor, los átomos de nitrógeno y oxígeno del aire reaccionan para formar monóxido de nitrógeno (NO), bióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y otros óxidos de nitrógeno menos comunes, que se conocen de manera colectiva como  $\text{NO}_x$ . Asimismo, con la presencia de humedad en la atmósfera se convierten en ácido nítrico, contribuyendo de esta forma al fenómeno conocido como lluvia ácida. La exposición aguda al  $\text{NO}_2$  puede incrementar las enfermedades respiratorias, especialmente en niños y personas asmáticas. La exposición crónica a este contaminante puede disminuir las defensas contra infecciones respiratorias. (INE-SEMARNAT, 2005)

La exposición al  $\text{NO}_2$  ha sido asociada con la disminución de la función pulmonar o de su desarrollo, aumento de síntomas respiratorios, aumento de la incidencia y prevalencia de asma y de la incidencia de cáncer, morbilidad respiratoria y mortalidad. Además, una revisión realizada en el año 2014 lo relacionaba, junto al material particulado y dióxido de azufre, con enfermedades como bronquitis, neumonía, enfermedad obstructiva crónica y apoyaba su asociación con el cáncer de pulmón. (Rivas, 2015).

La relación con dicho tipo de cáncer también se demostró en otro estudio del mismo año en el que se evaluó además la distancia a zonas con un elevado volumen

de tráfico, resultando una clara asociación positiva entre exposición a  $\text{NO}_2$  y cáncer de pulmón, con mayor riesgo de aparición en individuos que habitaban cerca de zonas con elevado tráfico. En cuanto al asma, un estudio en el que se mide el impacto de la asociación entre exposición al tráfico y prevalencia de asma y rinosinusitis crónica concluyó que estas enfermedades aumentaban sólo en los individuos alérgicos, lo que sugiere que la susceptibilidad es un factor verdaderamente importante a la hora del desarrollo de enfermedades causadas por la contaminación. (Rivas, 2015)

- **Ozono troposférico**

La contaminación por ozono se registra en las capas de la atmósfera más próximas a la superficie, y se considera como tal cuando la presencia de dicho gas sobrepasa unos determinados valores. Se trata del mismo compuesto que el que existe en la alta atmósfera, pero en concentraciones elevadas el ozono es un agente potencialmente dañino para la salud (al ser respirado) de personas, animales y plantas, así como causante de efectos indeseables sobre los materiales y en general sobre la calidad de vida de los ciudadanos (y se suele identificar, por oposición al aludido anteriormente, como ozono malo), (Enrique Mantilla Et.al. , 2010).

Durante la química diurna de los  $\text{NO}_x$  se produce la formación de ozono troposférico (desde este momento  $\text{O}_3$ ), denominado así por su presencia en la tropósfera. A diferencia del estratosférico, que nos protege de la radiación ultravioleta, éste presenta efectos perjudiciales tanto para la salud como para el medio ambiente, ya que, debido a su abundancia y toxicidad, es el principal oxidante del denominado smog fotoquímico. (Rivas, 2015)

Esto le convierte en un compuesto potencialmente peligroso dada su capacidad para reaccionar con la mayoría de los compuestos, degradándolos (oxidación, corrosión, etc.). Ello afecta tanto a los materiales como a los propios seres vivos, que se ven expuestos a su acción, externamente pero también internamente, en el intercambio de gases que tiene lugar por la respiración. (Enrique Mantilla Et.al. , 2010)

Sobre la vegetación, elevados niveles de concentración de ozono son responsables de daños visibles en las hojas, reducciones en el crecimiento de las plantas y disminución de cosechas, así como de un aumento de la sensibilidad al estrés, tanto con origen biológico (plagas, virosis, etc.) como de otro tipo (sequía, carencias nutricionales, etc.), (Enrique Mantilla Et.al. , 2010).

### **3.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL (de acuerdo los resultados obtenidos para proponer a Red MóniCA para implementar en el plan de calidad ambiental)**

#### **3.3.1. Identificación de los cumplimientos de acuerdo al Manual Técnico para diseño de Redes de monitoreo de la calidad del aire.**

Para las medidas a mencionar en el presente trabajo es necesario ver los cumplimientos que se pudieron realizar en la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire por lo cual se realizó una identificación en los cuales se puede demostrar las consideraciones que se especifican en el Manual Técnico para diseño de Redes de Monitoreo para la ubicación de sitios de monitoreo que se presentan en el siguiente cuadro a continuación.

Tabla 11: Identificación de los cumplimientos de acuerdo al Manual Técnico para diseño de Redes de monitoreo de la calidad del aire referente a la ubicación e instalación de sitios de monitoreo.

<b>Manual Técnico / Red de Monitoreo /sugerencias</b>			
<b>Consideraciones</b>	<b>Manual</b>	<b>Red MoniCA Tarija</b>	<b>Sugerencia</b>
<b>Métodos para ubicar los sitios.</b>	Medición simplificada Simulación Muestreo a juicio Muestreo probalístico.	La red de Monitoreo cumple con medición simplificada en pasivos y muestreo a juicio en activos.	Gestionar inventario de emisiones para una reubicación de puntos de monitoreo.

<b>Número de sitios o estaciones de monitoreo en función a la cantidad de población y nivel de tráfico vehicular.</b>	< 300 Mil Alto Tráfico Vehicular1 = 3 Mediano Tráfico Vehicular2 = 1 Bajo Tráfico Vehicular3 = 3	La red de Monitoreo cumple con más puntos de monitoreo que se sugiere en el manual técnico.	Realizar estudio para nuevos puntos de monitoreo.
<b>Lista de obstáculos y distancias a tomar en cuenta para instalar el equipamiento de medición.</b>	Árboles y Edificios =radio libre de 10m de la estación. Fuentes de emisión: industrias, comerciales o móviles = radio libre de 20 m de la estación.	Equipos instalados libre de árboles a 10 m con una variación de 5 m en cuanto a edificios equipos instalados libre de fuentes de emisión excepto móviles.	Realizar estudio de nuevos lugares con las condiciones establecidas en fuentes móviles.
<b>Instalación de los Sitios o Estaciones de Monitoreo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Comparabilidad de los datos con los demás sitios o estaciones.</li> <li>· Permanente accesibilidad.</li> <li>· Seguridad contra el vandalismo.</li> <li>· Infraestructura (electricidad, comunicación, etc.)</li> </ul>	La red de monitoreo cuenta con todos los criterios mencionados en el manual técnico.	Tomar en cuenta de un laboratorio móvil para cambios de filtros y recolección de tubos pasivos.
<b>Muestreo pasivo.</b>	Poste diseñado con un brazo cuyo extremo sujete el contenedor Brazo o soporte adosado a un poste ya existente.	Se cuenta con brazos instalados a postes ya existentes.	Ninguna es opcional según el Manual Técnico.
<b>Muestreo activo.</b>	Caseta metálica Instalación con abrazaderas o correas.	Se cuenta con caseta metálica y abrazaderas seguras en cada punto.	Colocar o instalar un pequeño techo para fuertes lluvias aun así tenga caseta.
<b>Codificación de Sitios y Estaciones de Monitoreo.</b>	Definición de codificación, descripción de sitios y estaciones de monitoreo Un registro adecuado con datos: Código, Nombre del lugar, Tipo de sitio y Parámetros medidos	La red de Monitoreo cumple las codificaciones y descripción de sitios que se sugiere en el Manual Técnico.	Ninguna.

Fuente: Elaboración propia.

La contaminación atmosférica como sabemos provoca graves problemas de salud en los ciudadanos tarijeños, por lo que la temática ambiental en cuanto al aire y su calidad es de suma importancia velar, cuidar y preservarla proporcionando un ambiente limpio por medio de las medidas tanto preventivas como de control.

Constata saber que con las medidas que se lleguen a proponer, sea de importancia para una buena gestión de la calidad del aire, que están direccionadas a la reducción de emisiones de contaminantes de manera que pueda contribuir mejorando la calidad de vida de los ciudadanos y promoviendo un aire limpio para la ciudad de Tarija.

Para lograrlo es necesaria la colaboración de todos los afectados y los que contribuyan con emisiones, sin tener ningún cuidado como empresas e instituciones y la intervención de entes como es el Gobierno Autónomo Municipal de Tarija (GAMT), para poder llevar a un direccionamiento fijo de este tipo medidas.

Las siguientes medidas de prevención y control se las platea como estrategias los siguientes programas para las acciones y reducción de contaminantes atmosféricas.

### **3.3.2 Medidas de prevención**

Según la Ley de Medio Ambiente 1333 en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica dice que las medidas de prevención son disposiciones, medidas y acciones anticipadas para evitar el deterioro del medio ambiente.

**Programa: Reorganización de las rutas de transporte público y tráfico sobre ejes de viales que permitan incrementar la movilidad y bajar los niveles de contaminación.**

En la mayoría de los casos la selección de rutas, es conveniente para reducir los flujos de vehículos y a la vez prevenir futuras congestiones del tráfico vehicular por lo que es necesario:

- a) Crear zonas viales ecológicas sin tráfico vehicular en lugares de gran espacio, las cuales serán áreas del territorio distrital o municipal, a las cuales

únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta, o en otros medios no contaminantes.

- b) Aplicar una normativa vial de peatones, ciclistas, medios de transporte no contaminantes con el objetivo de respetar esas zonas de ser específicas para los que se beneficiaran, así tener orden sin que existan problemas con el parque automotor, vendedoras u otras actividades se ubiquen en lugares o zonas viales ecológicas.
- c) Crear zonas de emisiones bajas, a las cuales únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta o en otro medio no contaminante, así como en vehículos de transporte público y privado siempre y cuando este se ajuste a todas las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes, y funcione con combustibles limpios mediante la creación de normativa.
- d) Promocionar compromisos (transporte sostenible, impulso a más plantas en casa, proyectos generados por el municipio) para la reducción de contaminantes del aire con diferentes actores como organizaciones barriales, transporte y los niveles institucionales. Esto se podrá desarrollar mediante reuniones y la explicación sobre la importancia de los sitios viales.

**Programa: La creación de un sistema de información para la ciudad de Tarija.**

La prevención de los riesgos en la población tarijeña es demasiado importante como para dejarlo de un lado por lo que como medida estratégica seria la protección de la salud de las personas mediante información ya generada, al poder informar de manera secuencial permite al individuo asumir su cuidado por sí mismo, tomando en cuenta que estará informando de que es lo que se llega a monitorear, los causantes, los riesgos para ellos mismos y sus familias, así también llevarlos a reflexionar sobre sus aportes a los mismos inculcando buenas prácticas y de estilos de vida menos contaminantes.

Con el objeto de crear un sistema de información mediante aplicaciones informáticas o páginas de red como la página de calidad del aire en la ciudad de

México (CDMX) por la Dirección de monitoreo atmosférico para que el usuario tenga accesibilidad y pueda estar informado de cualquier evento en tiempos concurridos que ocurre en cuanto a la calidad del aire en nuestra ciudad.

Este sistema debe tomar en cuenta 3 factores:

**a) Monitoreo de la calidad del aire**

El sistema debe contar con información de monitoreo de manera continua, obteniendo datos de los contaminantes en las estaciones del año y durante eventos especiales (San Juan, época de chequeos, fenómenos atmosféricos, incendios forestales, etc.) y poder informar el estado de la calidad del aire y las recomendaciones para que la población pueda tomar en cuenta.

**b) Inventario de emisiones**

Se debe incluir un sistema o programa virtual de inventarios de sus emisiones, para tener un panorama completo de los aportes, tanto de las fuentes móviles como de las fuentes fijas y de área. Este instrumento servirá para que la población forme parte de problemas ambientales atmosféricos y su alerta en la salud de lugares en específico como ser sus barrios o lugares de aglomeración frecuente de emisiones y evitar que personas estén en tiempo prolongado así también servirá para la toma de decisiones y sobre nuevas medidas a adoptar.

**c) Movilidad urbana en fuentes móviles**

Información mediante aplicación de las rutas y flujos vehiculares con alto tráfico vehicular en las cuales adopten mejores rutas de vía para los conductores, se podrán reducir las congestiones vehiculares y también a los peatones para evitar caminar por rutas con alto grado de emisiones vehiculares ya que atentan con la salud de ellos mismos logrando prever sus exposición y encontrar zonas en donde se encuentren lejos de riesgos y con las mayores posibilidades de mejor calidad del aire, el fin de bajar zonas de alto tráfico es de mitigar las emisiones a la atmósfera.

**Programa: Educación ambiental sobre el aire y la contaminación atmosférica en la ciudad de Tarija, municipio de Cercado.**



La educación es una base fundamental en nuestra sociedad y es una forma de inculcar en la formación de las personas para poder orientar, informar y enseñar diferentes temáticas, por lo que como medida de prevención es imprescindible una educación ambiental en cuanto al aire y la contaminación atmosférica enfocado hacia la población tarijeña y el sector de autotransporte con el fin de que puedan darle la gran importancia que se debe en cuanto a la contaminación atmosférica y sus efectos que pueden causar en su salud provenientes de las movilidades.

Por lo tanto para llevar a cabo las capacitaciones se debe tomar en cuenta varias temáticas referida a la calidad del aire y pueda haber eficiencia en el programa con muy buenos resultados para prevenir futuras inconciencias de las personas y el sector transporte.

#### **a) Instrucción de capacitadores**

Se seleccionará a técnicos que sean capaces en este tipo de temáticas y se organicen con los especialistas sobre el tema atmosférico.

Se debe considerar un número de capacitadores y la respectiva preparación, orientados a la calidad del aire y los contaminantes, materiales de capacitación como folletos de información.

Se tomará en cuenta el diseño que llevara los folletos, el lugar, las horas de capacitación, los insumos necesarios para la capacitación, el tipo de información, y la forma en la que se va capacitar es decir de manera oratoria o participativa.

#### **b) La población y el sector autotransporte**

Conjuntamente con las instituciones involucradas que es sector de auto transporte y la comunidad tarijeña se desarrollará los talleres como información primordial sobre la información general del aire de manera básica, dando conocer los contaminantes y sus fuentes, por último la calidad del aire. Hay diferentes maneras de poder desarrollar la educación ambiental para el aire y su contaminación las cuales son:

- ✓ Talleres para el sector autotransporte en la temática de fuentes móviles, su contaminación y sus efectos en la salud así como la mejora y la prevención para evitar el aumento de contaminación en la ciudad.
- ✓ Exhibiciones educativas ambientales para la población en general sobre el aire y la contaminación atmosférica.
- ✓ Capacitaciones de manera consensuada y formal con instituciones como es el Gobierno Autónomo Departamental de Tarija.
- ✓ Difusión de espacios publicitarios en modalidades de capítulos mediante medios de comunicación como es la televisión, radio y vía redes sociales.

La educación ambiental será aplicada a la ciudadanía, a las personas que se encuentran en asociaciones de sindicatos de autotransporte y funcionarios públicos de niveles gubernamentales que estén relacionados en este rubro.

### **c) Campañas de sensibilización**

Si se realizaría actividades públicas de cuánto valor tiene la importancia del aire en la ciudad y de los efectos que tienen a cada persona y de su entorno, así como también la problemática mundial del aire contaminado, se causaría un impacto positivo en la población ya que estuvieran al tanto de la temática y puedan tener conciencia de cómo ayudar a reducir contaminantes que se emiten a la atmósfera. Estas actividades pueden ser:

#### **✓ Ferias trimestrales o bimestrales**

En donde se puede presentar informaciones básicas de aire, información de contaminantes y sus efectos en la salud así como también al medio ambiente, las formas y métodos de poder evitar reducir estos contaminantes. En donde se puede desempeñar juegos, banners y sobre todo métodos de participación a la población.

#### **✓ Propagandas por tv y radio**

Preparar videos referentes a la calidad del aire para que las personas puedan ver y escuchar diariamente en donde inconscientemente se les pueda educar para que se les haga un hábito y se puedan dar cuenta que tan importante es el estado del aire en la ciudad.

### ✓ **Charlas en las universidades**

La formación de profesionales es una parte muy fuerte de la sociedad en donde se puede hablar muy bien del tema, los estudiantes que se forman para ser profesionales de diferentes ramas pueden tener un gran interés en cuanto a la calidad del aire y poder realizar algunos aportes para mejorar deficiencias y problemas que se presentan en la población y a la vez aportar con métodos científicos para mejorar en cualquier estudio que se sea referido en la calidad del aire.

### **3.3.3. Medidas de control**

Según la Ley de Medio Ambiente 1333 en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica dice que las medidas de control son aplicaciones de medidas o estrategias para la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

**Programa: Una normativa mediante Proyecto de Ley de restricción de la circulación de vehículos en las zonas consideradas más críticas, como estrategia destinada exclusivamente a solucionar el congestionamiento en las horas pico.**

Para poder mejorar la circulación del transporte público en la ciudad de Tarija es necesario lograr normativas, en cuanto a zonas críticas con alto tráfico según estudios por Red Monica en donde ciertos vehículos no pueden transitar y también evitar el alto tráfico vehicular que pueden ser mediante ordenanzas municipales para control de emisiones de vehículos y su reducción para evitar que estas zonas se generen concentraciones altas de contaminantes y también para poder mejorar la circulación tomando en cuenta horas cruciales en donde hay mayor tráfico vehicular como ser a las 12 del mediodía de retorno y salida a actividades diarias, en las mañanas a las 6 am de salida a toda actividad diaria y a las 6 pm en las tardes de retorno a sus casas.

#### **a) Diagnóstico del parque automotor**

Se debe realizar la cuantificación actualizada de vehículos en la ciudad de Tarija en la provincia Cercado tomando en cuenta registros anteriores y estudios de su aumento de las zonas o calles de mayor circulación vehicular para tomar en cuenta en

un ordenamiento de vías y planeamiento de zonas esto será necesario para poder controlar las emisiones que generan los vehículos.

Esto es parte complementaria para crear nuevas políticas y planes de uso en zonas críticas, crecimiento urbano y desarrollo de actividades.

#### **b) Racionalización de tránsito**

Fomentar a la población de optar por nuevas formas de medios de transporte como es el uso de transporte colectivo, el uso innecesario de movibilidades particulares en situaciones que no lo amerita más al contrario ayuda al congestionamiento vehicular y crea más puntos críticos y que contribuyen inconscientemente contaminantes a la atmosfera en la ciudad, otro es el uso de transportes alternativos que eviten trancaderas y emitan menos contaminantes.

Esto mediante un sistema de ordenamiento vial que cuente con zonas críticas y cuantificación de vehículos según su tipo y la cantidad que pasa por un intervalo de tiempo.

**Programa: Conciencia ambiental en las empresas, lo que a su vez reflejara en el mejoramiento de su imagen.**

Para poder asegurar el cumplimiento de normativas mediante esta propuesta específica para este contexto y se pueda realizar los controles a entidades privadas y públicas que podrán permitir los controles de emisiones, en donde se establecerán mediciones secuenciales de manera periódica con sanciones de multas justificativas con la finalidad de sensibilizar a los predios que emiten gases contaminantes.

Este tipo de situaciones se propone mediante ordenanzas municipales que imponga a los infractores sanciones según el grado y riesgo de las emisiones que emiten durante los años siguientes, la cual también podrá ser de gran ayuda para los inventarios de emisiones de cada gestión o periodo de tiempo.

#### **a) Control de emisiones**

Para poder reducir las emisiones es necesario contar con esfuerzos encaminados a nuevas metodologías de control de las emisiones de los entes privados, la promoción

de compromisos de manera voluntaria de las empresas públicas/privadas que puedan reducir los contaminantes mediante tecnologías limpias, así beneficiándolos a los mismos con apoyo, como incentivos la dotación de EPP's y el apoyo al lanzamiento promociones de sus Productos.

#### **b) Comunicación de riesgos e información**

El compromiso de charlas ambientales a trabajadores ambientales de empresas publicas/privadas sobre las consecuencias a las emisiones que generan el lugar, los riesgos y la información necesaria para que tomen en cuenta y puedan consensuar internamente sobre la problemática. Generar conciencia y buenas prácticas de los procesos para que ellos puedan inculcar en sus empresas y así llegar al buen control de sus emisiones con tecnologías limpias tomando en cuenta las emisiones actuales que cuenta sus predios en donde desempeñan su trabajo.

#### **Programa: Implementar un sistema de vigilancia de los daños en la salud a través de estudios epidemiológicos**

Este sistema permitirá recolectar de manera sistemática los datos de salud en cuanto a enfermedades cardio-respiratorias, solicitando información al SEDES Tarija de registros de mortalidad o de tratamiento por causas cardio-respiratorias y realizar una valoración del estado de salud de la población tarijeña tomando en cuenta a la población más vulnerable que son los niños, mujeres embarazadas y los adultos mayores y personas con problemas respiratorios.

Esto se puede enfocar en grupos o personas sensibles a la presencia de diferentes contaminantes a la vez se toma en cuenta información demográfica y datos cuantificables de personas con problemas respiratorios mediante registros clínicos de centros hospitalarios de diferentes niveles en donde se podrá ver la magnitud de los efectos de la contaminación del aire y evaluar posibles fuentes.

#### **a) Estados de alerta**

La calidad del aire varía periódicamente por lo que se pueden presentar eventos en donde esta se manifieste como mala o extremadamente mala por lo que se debe

realizar un control de afecciones con información del SEDES Tarija y los riesgos que se pueden causar en las personas de la ciudad, tratando de prever a las personas en situaciones críticas así pudiendo controlar que el incremento de enfermedades respiratorias se puedan disminuir o mantener en casos extremos, tratando de dar a conocer las recomendaciones para el cuidado de la población tarijeña y se pueda hacer conocer a la mayor cantidad de habitantes mediante informes televisivos o radio escuchas, así poder evitar las mayores afecciones a la ciudadanía. Esto se puede realizar mediante de manera complementaria añadida en la creación de aplicación de información sobre la calidad del aire.

#### **b) Evaluaciones**

Se debe someterse en el sistema de vigilancia a evaluaciones porque es necesario un control de todas las actividades que se realizan en cuanto a reportes de enfermedades, si son eficientes o no para ser modificadas con nuevas alternativas metódicas por los gobiernos o instancias como respuesta a valoraciones o a las necesidades cambiantes de las partes afectadas o interesadas, identificar local y regionalmente las problemáticas ambientales claves y sus fuentes, el sistema en su conjunto debe ser un proceso iterativo que permite la revisión y análisis, llevando a la evolución continua y cuando sea indicado, a los ajustes y cambios apropiados.

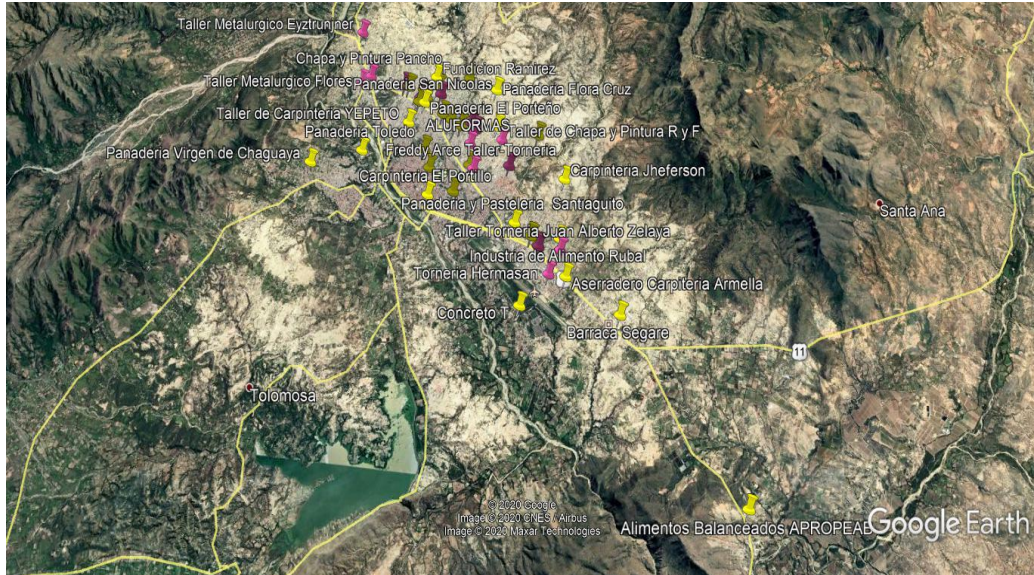
#### **Programa: Información de Ubicación de industrias como parte de un control en cuanto a emisiones en el aire.**

Para la realización de información actualizada de cada gestión en cuanto a emisiones industriales en la ciudad de Tarija, es de manera necesaria para poder ver las realidades actuales sobre los aportes de emisiones de cada actividad industrial que genere las mismas. Por lo cual se realizó información como base para poder realizar este tipo de control.

Se realizó las ubicaciones mediante Google Earth de las industrias de la ciudad de Tarija que emiten contaminantes atmosféricos clasificadas de acuerdo a las categorías ya determinadas por el Gobierno Autónomo Municipal De Tarija, en las siguientes imágenes nos podrá ayudar en la identificación de la mayor incidencia de unidades

industriales en la ciudad, por lo cual nos podra encaminar en las medidas que se lleguen a proponer ademas de analizar el area y poder ver posibles problemáticas de emisiones.

Figura 29: Ubicación de unidades industriales de clasificación “categoría 4” en la ciudad de Tarija

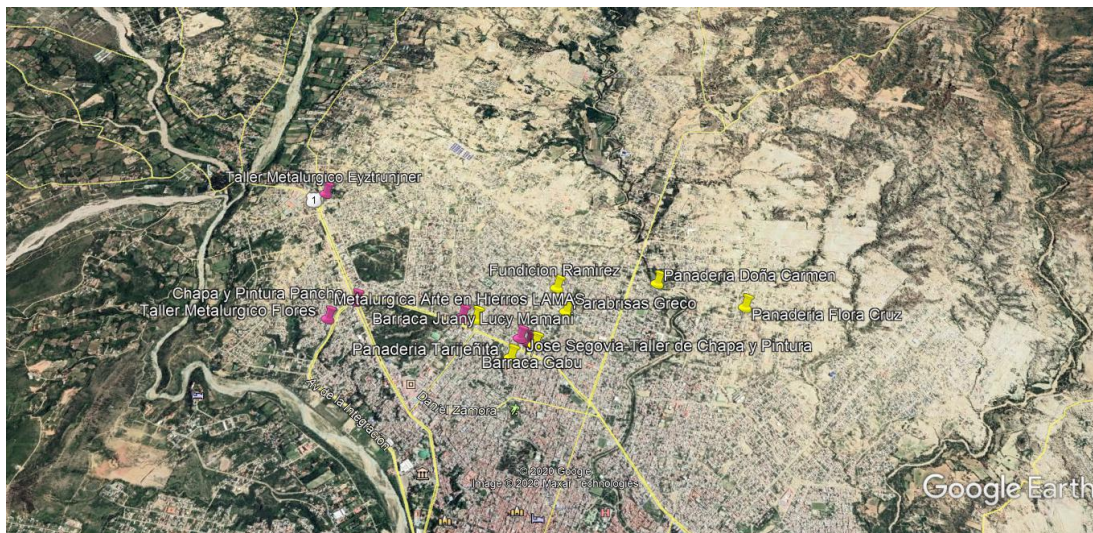


Fuente: Elaboracion propia con datos del GAMT.

Se puede apreciar en esta imagen de manera genérica la ubicación de unidades industriales en la ciudad, todas estas industrias fueron clasificadas como “categoría 4” que son un total de 50 industrias las cuales aportan emisiones a la atmósfera de manera considerable y 9 industrias con “categorias 2 y 3”.

Figura 30: Ubicación de unidades industriales de clasificación “categoría 4” en la parte norte de la ciudad de Tarija.

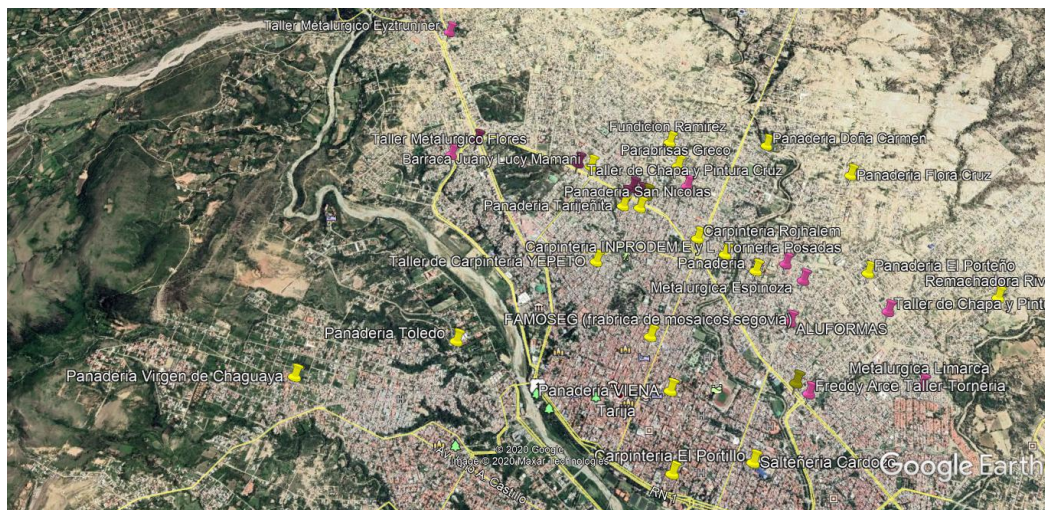




Fuente: Elaboracion propia con datos del GAMT.

Se puede ver que al norte de la ciudad se encuentran 15 unidades industriales desde el mercado campesino hacia la carretera norte de la ciudad, estas están seguidas de la ciudad céntrica de Tarija en la cual también hay aporte de emisiones salvo que éstas se ubican detrás de la parte media es decir su dispersión no es de gran magnitud.

Figura 31: Ubicación de unidades industriales de clasificación “categoría 4” en la parte media de la ciudad de Tarija



Fuente: Elaboración propia con datos del GAMT.



Se puede ver la ubicación de unidades industriales en la parte media de la ciudad donde se encuentran 18 industrias que indican en emisión de contaminantes, presenta la mayor cantidad en esta parte que abarca desde el mercado campesino hasta el obelisco que se encuentra ubicado frente a la antigua terminal.

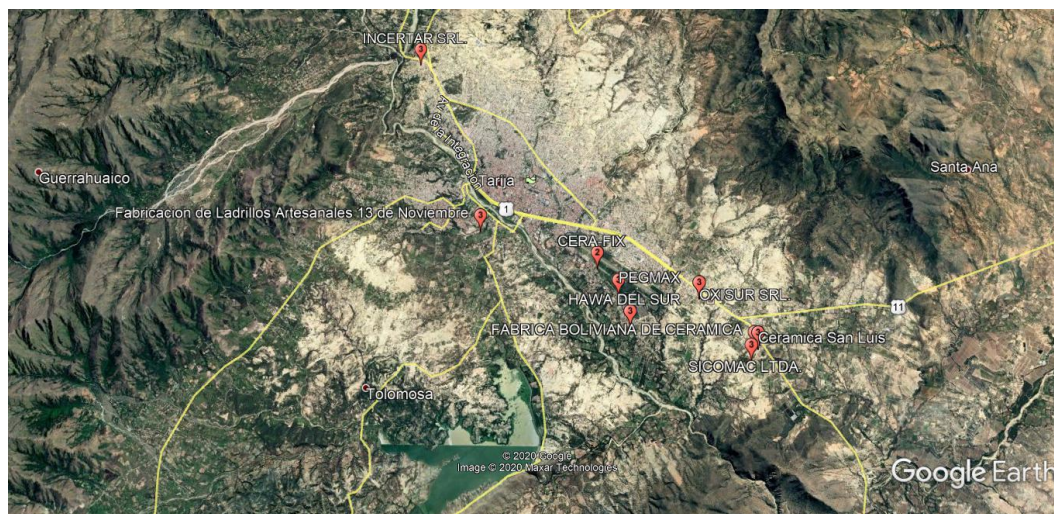
Figura 32: Ubicación de unidades industriales de clasificación “categoría 4” en la partes distanciadas hacia el sur de la ciudad de Tarija



Fuente: Elaboración propia con datos del GAMT.

Se puede apreciar unas 16 industrias en la parte sur de la ciudad de Tarija las cuales están ubicadas desde el punto del Obelisco ubicado al frente de la ex terminal hasta la carretera hacia Cieneguillas.

Figura 33: Ubicación de unidades industriales de clasificación “Categoría 2 y 3” en la ciudad de Tarija



Fuente: Elaboración propia con datos del GAMT.

La ubicación de industrias de esta categoría son 9 en el ciudad de Tarija lo cual nos indica que no son muchas en la mancha urbana y se encuentran dispersas mayormente en la parte sur de la ciudad lo cual puede indicar un aporte notable en la emision de contaminantes. Ya que los vientos pasan de norte a sur en esta zona haciendo que las emisiones de manera temporal recorran por la ciudad hacia el norte del país.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Los resultados del monitoreo en un periodo de 4 meses de la determinación de Material Particulado en Suspensión con un diámetro aerodinámico equivalente menor A 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) mediante el método de muestreo activo aplicando la Norma Boliviana 62014. En donde se obtuvo los siguientes resultados:

##### **Parque Bolívar**

En el punto de monitoreo ubicado en el Parque Bolívar, se pudo apreciar una concentración máxima de 121,4 µg/m<sup>3</sup> en fecha 26 de septiembre y una concentración mínima de 19,8 µg/m<sup>3</sup> en fecha 05 de Diciembre en el periodo de monitoreo establecido.

##### **Plaza sucre**

En el punto de monitoreo ubicado en el Plaza Sucre, se pudo apreciar una concentración máxima de 121,1 µg/m<sup>3</sup> en fecha 19 de septiembre y una concentración mínima de 19,5 µg/m<sup>3</sup> en fecha 26 de noviembre en el periodo de monitoreo establecido.

- Se obtuvo resultados del ICA (Índice de calidad del aire) tomando en cuenta la Norma Boliviana 62018 del contaminante de PM<sub>10</sub> mediante muestreo pasivo en la ciudad de Tarija.

##### **Parque Bolívar**

Los valores en el punto de monitoreo del Parque Bolívar su máximo ICA es de 242,74 de la fecha 26 de septiembre y el ICA mínimo es de 39,67 en fecha 5 de diciembre.

##### **Plaza Sucre**

Los valores en el punto de monitoreo de la Plaza Sucre su máximo ICA es de 242,16 de la fecha 19 de septiembre y el ICA mínimo es de 38,91 en fecha 26 de noviembre.

- Se elaboró las medidas de control y prevención que se presentan a continuación de acuerdo a las observaciones en todo el proceso del monitoreo y la elaboración del trabajo tomando en cuenta los resultados obtenidos siendo las siguientes medidas que contienen los siguientes programas:

#### **Medidas de prevención**

Programa: Reorganizar las rutas de transporte (zonas viales ecológicas, normativa, zona de emisiones bajas) público y tráfico sobre ejes de viales que permitan incrementar la movilidad y bajar los niveles de contaminación.

Programa: La creación de un sistema de información como la Dirección de monitoreo atmosférico (CDMX) para la ciudad de Tarija.

Programa: Educación ambiental sobre el aire y la contaminación atmosférica en la ciudad de Tarija, municipio de Cercado.

#### **Medidas de control**

Programa: Una normativa mediante proyecto de Ley de restricción de la circulación de vehículos en la zona considerada más crítica, como estrategia destinada exclusivamente a solucionar el congestionamiento en las horas pico.

Programa: Conciencia ambiental en las empresas, lo que a su vez reflejará en el mejoramiento de su imagen.

Programa: Implementar un sistema de vigilancia (recolección sistemática de personas con enfermedades respiratorias) de los daños en la salud a través de estudios epidemiológicos.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con el monitoreo continuo de la determinación de Material Particulado a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ) con el método de muestreo activo aplicando la Norma Boliviana 62014, en nuevos puntos de monitoreo para observar nuevos resultados similares o diferentes en otras zonas de la ciudad de Tarija.
- Se puede determinar nuevas concentraciones y el ICA (Índice de calidad del aire) del contaminante de  $PM_{10}$  mediante muestreo activo en los primeros meses del año en la ciudad de Tarija para observar su comportamiento. Se cuenta con un control de calidad ambiental.
- Se puede analizar la flexibilidad de valores límites permisibles de la Ley de Medio Ambiente 1333, en el Reglamento de Control y Contaminación Atmosférica vs el valor guía que dispone la Norma Boliviana 62011 para análisis de cual se debería aplicar más en nuestro territorio.
- Realizar un estudio de nuevos puntos de monitoreo mediante zonas de estudio con alto tráfico vehicular de acuerdo a varias condiciones como vientos, altura.
- Se recomienda realizar mejoras en el control intralaboratorial (dentro del laboratorio) para el pesaje de filtros de muestreo para tener una mayor veracidad de pesajes porque la condición del mismo influye en los resultados.
- Sacar la mayor cantidad de muestras de monitoreo de manera secuencial para mayor discusión y comparación de datos en cuanto al comportamiento de los contaminantes.
- Una vez que se defina la ejecución de las propuestas indicadas en el presente trabajo las cuales van dirigidas al GAMT, se sugiere logística y asignación de presupuestos para cada programa y su actividad.