

## **CAPÍTULO I “DISEÑO TEÓRICO – METODOLÓGICO”**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo titulado **“Efecto en el medio ambiente por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras”** brinda una amplia noción sobre la problemática que viene afectando a la población mundial por los altos índices de contaminación que se genera y las consecuencias que se originan debido a este problema.

Las obras de infraestructura de transporte vías terrestres como: caminos, carreteras, autopistas y vías férreas, y las obras de cruce y empalmes utilizan áreas importantes en el territorio creando en el entorno impactos ambientales importantes.

Los posibles beneficios socioeconómicos proporcionados por las vías terrestres, incluyen la confiabilidad bajo todas las condiciones climáticas, la reducción de los costos de transporte, el mayor acceso a los mercados para los cultivos y productos locales, el acceso a nuevos centros de empleo, la contratación de trabajadores locales en obras en sí, el mayor acceso a la atención médica y otros servicios sociales y el fortalecimiento de las economías locales.

Sin embargo, las vías terrestres pueden producir también complejos impactos negativos directos e indirectos, motivo por el cual la autora de este trabajo pretende analizar el efecto en el medio ambiente en especial el causado en los componentes agua, aire y ruido, derivados por el uso de maquinarias pesadas las mismas que son usadas en cada etapa en la construcción de carreteras, para de esta manera evaluar las causas y medidas de mitigación a tomar.

Este trabajo se basa en el análisis empírico del efecto en el medio ambiente mediante mediciones del grado de contaminación que generan las distintas maquinarias pesadas

usadas en la construcción de carreteras aplicando las recomendaciones que establecen las normativas de nuestro país.

## **1.2 DISEÑO TEÓRICO**

### **1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA**

Hoy en día existe una contradicción entre el desarrollo y el medio ambiente, ya que para desarrollarse generalmente hay que impactar varios o todos los factores que conforman el medio ambiente (la atmósfera, el agua, los suelos, la vegetación, la fauna, el paisaje, el hábitat y las costumbres de pobladores autóctonos de una región o zona).

Las construcciones civiles y entre ellas las vías de comunicación terrestres (caminos, carreteras, autopistas, vías férreas, aeropistas) son de los tipos de obras de ingeniería que se utilizan para desarrollar la infraestructura vial de los países y al mismo tiempo están entre las que mayor impacto origina al medio ambiente; sin embargo no puede renunciarse a su ejecución.

Las maquinarias pesadas son de gran apoyo en la ejecución de obras viales (carreteras), mayormente en la preparación del terreno en actividades como la limpieza, corte, traslado de material, compactación, etc.

Actualmente se tiene en cuenta que el movimiento de tierras constituye aproximadamente el 50% del monto total del proyecto, en el cual es imprescindible el uso de maquinarias pesadas tanto en las etapas de movimientos de tierras como en las demás etapas de construcción de una carretera.

Las maquinarias pesadas de una forma u otra afectan al medio ambiente principalmente por la generación de polvo, los niveles de ruido, generación de gases, escapes de sustancias contaminantes como aceites, combustibles, aguas de lavado de máquinas de perforación, desplazamientos de maquinaria, eliminación de la cubierta vegetal, etc.

Los cuales tienen efectos negativos en la flora y fauna del lugar de construcción y zonas aledañas además de afectar a los pobladores nativos del lugar.

### **1.2.1.2 PROBLEMA**

¿Cuál es el efecto en el medio ambiente que ocasiona la maquinaria pesada en la construcción de carreteras?

### **1.2.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar empíricamente las causas que se producen en el medio ambiente generadas por el uso de maquinaria pesada en la construcción de la carretera “Puerta al Chaco – Canaletas 9+504.60 a 24+840.60”, para determinar el grado de contaminación en los componentes agua, aire y ruido.

#### **1.2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Fundamentar la teoría de la contaminación ambiental por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras.
- Establecer la ubicación del área de estudio
- Determinar los equipos a ser evaluados con respecto a la contaminación que producen en el medio ambiente
- Medir la contaminación que generan las maquinarias pesadas en el área de estudio
- Medir los decibeles que generan las distintas maquinarias pesadas usadas en el área de estudio
- Medir los grados de contaminación en el aire generados por las maquinarias pesadas usadas en el área de estudio
- Medir la contaminación del agua en tres fuentes cercanas la construcción del área de estudio
- Analizar los resultados obtenidos y realizar un tratamiento estadístico
- Establecer las acciones para mitigar la contaminación generada por la maquinaria pesada
- Establecer conclusiones y recomendaciones

## **1.2.2 HIPÓTESIS**

Si se mide la contaminación que causa la maquinaria pesada en la construcción de carreteras mediante mediciones con equipos especializados (opacímetro, sonómetro y laboratorios de agua), entonces se podrá determinar el grado de contaminación en los componentes aire, agua y ruido y a partir de ello realizar el planteamiento de acciones de mitigación.

## **1.2.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES**

### **1.2.3.1.1 VARIABLES DEPENDIENTE**

- Grado de Contaminación

### **1.2.3.1.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Maquinaria Pesada usada en la construcción de carreteras

### **1.2.3.2 DEFINICIÓN CONCEPTUAL**

- **Grado de Contaminación**

Es el estado, valor o calidad susceptible de variación de los efectos a los componentes ruido, aire y agua

- **Maquinaria Pesada**

Son las distintas maquinarias utilizadas en la construcción de carreteras, las cuales son usadas en las actividades de movimientos de tierra tales como excavadoras, cargador frontal, motoniveladora, retroexcavadora, volquetas, tractor oruga y vibrocompactadores.

### 1.2.3.3 DEFINICIÓN OPERACIONAL

CUADRO N° 1 *Definición operacional de variables*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR /O ACCION
<b>Maquinaria Pesada</b>	Camiones, excavadoras, cargador frontal, retroexcavadoras, motoniveladoras, tractor oruga y vibrocompactador	- Decibeles - Opacidad - Contaminación Agua	- Bolivia. 1995 Reglamento en materia de contaminación atmosférica. Decreto supremo n° 24176.  - NB 62002
<b>Grado de Contaminación</b>	Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Ph (6-8.5)</li> <li>• Sólidos disueltos totales (1000mg/l)</li> <li>• % de Saturación (&gt;80%)</li> <li>• Aceites y grasas (ausentes)</li> <li>• Cloruros (250mg/l)</li> </ul>	ANEXO (A)  Límites máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR /O ACCION
<b>Grado de Contaminación</b>	Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DBO (&lt;2 mg/l)</li> <li>• DQO (&lt; 5mg/l)</li> <li>• NMP colifecales (&lt;50 NMP/100ml)</li> <li>• Conductividad</li> <li>• Color (&lt; 10APHA)</li> <li>• Turbiedad</li> </ul>	ANEXO (A) Límites máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores
	Ruido	Límites permisibles de emisión de ruidos según peso del vehículo Hasta <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3000 kg (79dB)</li> <li>• 3000 – 10000 kg (81 dB)</li> <li>• Mayor a 10000kg (84dB)</li> </ul>	ANEXO 6* Límites permisibles de emisión de ruido Ley 1333

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR /O ACCION
<b>Grado de Contaminación</b>	Aire	Límites Permisibles para vehículos que funcionan a Diésel <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 - 1500 msnm opacidad máxima de 65%</li> <li>• 1501 - 3000 msnm opacidad máxima 70%</li> <li>• 3001 - 4500 msnm opacidad máxima 75%</li> </ul>	Límites permisibles Norma Boliviana NB 62002

Fuente: Elaboración propia

#### 1.2.4 ALCANCE

El presente estudio “**Efecto en el medio ambiente por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras**” aplicado en la construcción del tramo Puerta al Chaco – Canaletas 9+504.60 a 24+84.60, tiene los siguientes alcances:

#### CAPÍTULO I “DISEÑO TEÓRICO - METODOLÓGICO”

Este capítulo es la introducción al trabajo, donde se expone el planteamiento del problema, la situación problémica, problema, planteamiento del objetivo general, los objetivos específicos, hipótesis, el alcance y la metodología del estudio.

## **CAPÍTULO II “ESTADO DE CONOCIMIENTO”**

Este capítulo es el estado de conocimiento que incluye Marco Teórico (donde se exponen las teorías usadas para la elaboración del estudio), Marco Normativo (expone las normas y leyes es decir las normativas que rigen el presente estudio), Marco Referencial (donde se expondrá la documentación, situación legal del proyecto, etc.), Marco Conceptual (donde se detallan los conceptos y aspectos más importantes del proyecto).

## **CAPÍTULO III “RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN”**

Este capítulo es el relevamiento de la información donde se realiza la recopilación de datos como la identificación y localización de la zona de estudio, se hará uso de los métodos y técnicas definidos en la estructura del proyecto para la selección de muestras, se aplicarán los procedimientos definidos de cada instrumento para posteriormente realizar la medición de la contaminación ambiental en el agua, aire y ruido, y proceder a realizar el análisis estadístico.

## **CAPÍTULO IV “RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN”**

En este capítulo se presentarán los resultados para su posterior análisis, del cual obtenemos conclusiones descriptivas como normativas, constituyéndose en la una de las partes más importantes de la investigación.

## **CAPÍTULO V “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”**

Contiene las principales conclusiones y recomendaciones, las mismas tienen una forma lógica y ordenada de acuerdo a los objetivos planteados.



## **ANEXOS**

Contiene el proceso de las regresiones realizadas para la contrastación de la hipótesis, tablas que hayan sido de utilidad, fotografías de realización, etc.

### **ANEXOS I “DETALLES Y ESPECIFICACIONES DE LA MUESTRA DE MAQUINARIA PESADA DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO”**

Contiene los detalles y especificaciones más importantes de la maquinaria pesada en estudio, además de algunas especificaciones del sonómetro serie SE - 400

### **ANEXOS II “MEDICIONES EN LA MAQUINARIA PESADA”**

Contiene las certificaciones de las mediciones realizadas, y el detalle de las mediciones realizadas a cada maquinaria pesada tanto en el componente aire como en el componente ruido además de las especificaciones de los laboratorios de agua en las tres fuentes consideradas.

### **ANEXOS II “CÁLCULOS ESTADÍSTICOS”**

Contiene los cálculos estadísticos a detalle para las distintas variables tomadas en cuenta tanto en componente aire, como para ruido y un análisis de comparación de los resultados de cada una de las tres fuentes de agua en relación a lo especificado en la ley 1333 reglamento de contaminación hídrica ANEXO A

## 1.3 DISEÑO METODOLÓGICO

### 1.3.1 COMPONENTES

#### 1.3.1.1 UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL

##### 1.3.1.1.1 UNIDAD DE ESTUDIO

Contaminación ambiental en Carreteras

##### 1.3.1.1.2 POBLACIÓN

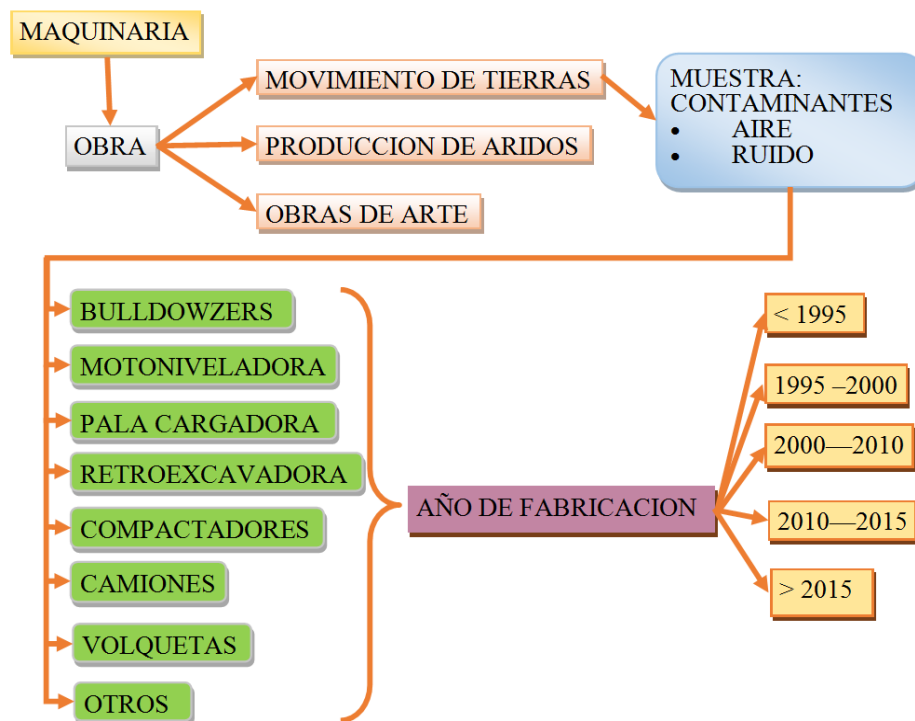
Contaminación en aire, agua y ruido

##### 1.3.1.1.3 MUESTRA

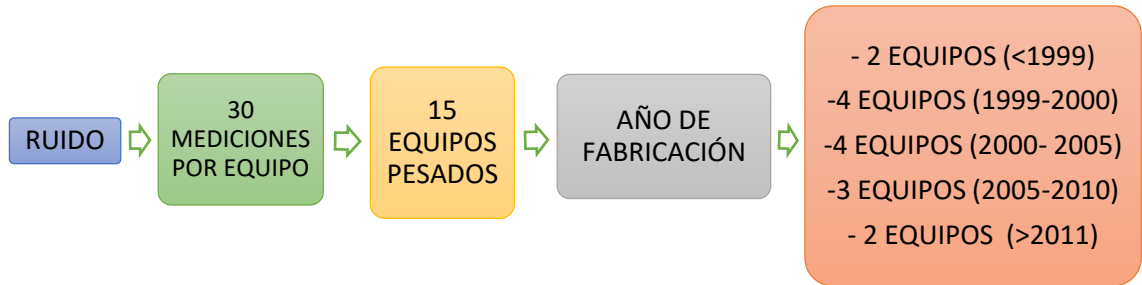
Contaminación ambiental en los componentes aire, agua y ruido causado por la maquinaria pesada usada en el tramo Puerta del Chaco – Canaletas 9+504.60 a 24+840.60

##### 1.3.1.1.4 MUESTREO

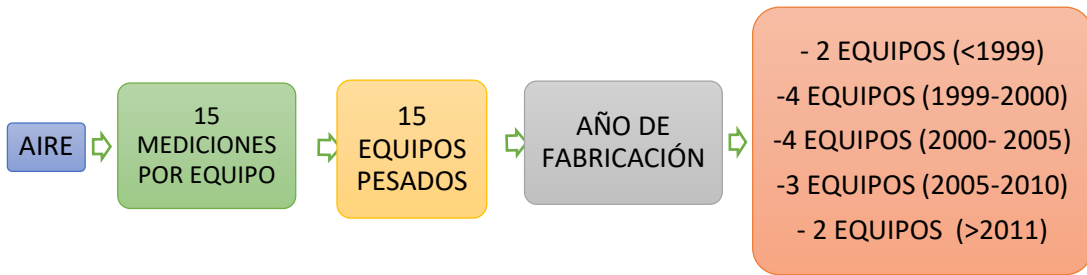
**FIGURA N° 1 MUESTREO DE MAQUINARIA PESADA**



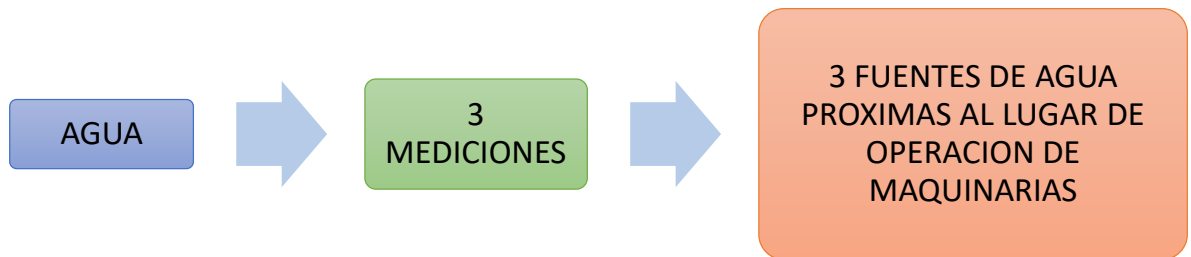
**FIGURA N° 2 MUESTREO EN EL COMPONENTE RUIDO**



**FIGURA N° 3 MUESTREO EN EL COMPONENTE AIRE**



**FIGURA N° 4 MUESTREO EN EL COMPONENTE AGUA**



Estas tomas de muestras están basadas en las técnicas de muestras no probabilísticas apoyándose en el criterio de algunos libros y experiencia de profesionales en el campo de la construcción de carreteras, el número de equipos pesados se lo decidió en función a que se deseaba tener una muestra en escala similar a la maquinaria pesada total disponible dentro de la obra en estudio.

### **1.3.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS**

El método a usarse para la realización del proyecto “Efecto en el medio ambiente por el uso de maquinaria pesada usada en la construcción de carreteras” será el método inductivo que nos permitirá tener conclusiones generales basados en la observación y experimentación de los hechos partiendo de una hipótesis y las técnicas empleadas serán las técnicas de medición experimentales aplicadas a los equipos pesados utilizados, midiendo su efecto tanto en agua, aire y ruido con el uso de equipos especializados

#### **1.3.2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El método a usarse en la realización del presente trabajo será el método inductivo que en definición es aquel método científico que alcanza conclusiones generales partiendo de hipótesis o antecedentes en particular. Fuentes expresan que este método originalmente puede ser asociado a estudios de Francis Bacon a inicios del siglo XVII. El método inductivo suele basarse en la observación y la experimentación de hechos y acciones concretas para así poder llegar a una resolución o conclusión general sobre estos; es decir en este proceso se comienza por los datos y finaliza llegando a una teoría, por lo tanto se puede decir que asciende de lo particular a lo general. En el método inductivo se exponen leyes generales acerca del comportamiento o la conducta de los objetos partiendo específicamente de la observación de casos particulares que se producen durante el experimento.

Para la realización de este trabajo la metodología usada nos indica que se deben seguir ciertos pasos:

**Paso 1:** Comprende la observación de los hechos o acciones y registro de ellos, en nuestro caso el hecho será el efecto por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras en el tramo Puerta al Chaco – Canaletas 9+504.60 a 24+840.60 y el registro de los grados de contaminación en los componentes aire, ruido y agua.

**Paso 2:** Posteriormente viene la elaboración de una hipótesis o el análisis de lo observado anteriormente, aquí se forma una posible explicación y posible definición de lo observado.

**Paso 3:** La tercera parte presenta la deducción de predicciones o la clasificación de los fundamentos anteriormente obtenidos, estas predicciones se formulan a partir de la hipótesis.

**Paso 4:** Finalmente se pone en marcha el experimento, y encontramos la representación del enunciado universal derivados del proceso de investigación que se realizó. Es en si la contrastación. Si se la logra comprobar se la acepta de lo contrario se la descartara.

### **1.3.2.2 TÉCNICAS DE MUESTREO**

Las técnicas serán mediante mediciones experimentales haciendo uso del muestreo no probabilístico que es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

A diferencia del muestreo probabilístico, la muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador.

Dentro del muestreo no probabilístico existen muchos tipos; el tipo de muestreo no probabilístico que se usará en este proyecto será el muestreo intencional o criterio técnico que es una selección de los elementos en este caso las maquinarias pesadas usadas en la construcción de carreteras donde por experiencia, estudios, monografías, libros, etc. Se sabe que en la etapa de movimiento de tierras es en la que mayor uso de maquinaria pesada se hace, motivo por el cual se tomará esa etapa y teniendo en cuenta los tipos de maquinaria que se usan se hace una selección en base al año de fabricación para poder categorizar mejor los niveles de contaminación al medio ambiente, donde arbitrariamente se elegirán quince equipos de maquinaria pesada diferentes y teniendo en cuenta su año de fabricación se tomarán equipos pesados para cada rango de

categorización (Se tomarán quince equipos pesados teniendo en cuenta el tiempo disponible para la aplicación de mediciones y a la disponibilidad de los equipos).

### **1.3.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS**

Los instrumentos a utilizarse serán un sonómetro para medir los decibeles lo que nos ayudará a determinar el efecto en el ruido, medidor de contaminación de aire con los que se medirá los grados de contaminación al aire en el área de estudio y el uso de laboratorios para medir la contaminación del agua en fuentes dentro del área de estudio.

#### **1.3.2.3.1 SONÓMETRO**

El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora (de los que depende). En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. Si no se usan curvas (sonómetro integrador), se entiende que son ( $dB_{SPL}$ ).

Cuando el sonómetro se utiliza para medir lo que se conoce como contaminación acústica (ruido molesto de un determinado paisaje sonoro) hay que tener en cuenta qué es lo que se va a medir, pues el ruido puede tener multitud de causas y proceder de fuentes muy diferentes. Para hacer frente a esta gran variedad de ruido ambiental (continuo, impulsivo, etc.) se han creado sonómetros específicos que permitan hacer las mediciones de ruido pertinentes.

En los sonómetros la medición puede ser manual, o bien, estar programada de antemano. En cuanto al tiempo entre las tomas de nivel cuando el sonómetro está programado, depende del propio modelo. Algunos sonómetros permiten un almacenamiento automático que va desde un segundo, o menos, hasta las 24 horas. Además, hay sonómetros que permiten programar el inicio y el final de las mediciones con antelación.

La norma CEI 60651 y la norma CEI 60804, emitidas por la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), establecen las normas que han de seguir los fabricantes

de sonómetros. Se intenta que todas las marcas y modelos ofrezcan una misma medición ante un sonido dado. La CEI también se conoce por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission), por lo que las normas aducidas también se conocen con esta nomenclatura: IEC 60651 (1979) y la IEC 60804 (1985). A partir del año 2003, la norma IEC 61.672 unifica ambas normas en una sola.

- Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de clase 1: permite el trabajo de campo con precisión.
- Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo.
- Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que sólo se utiliza para realizar reconocimientos.

La norma IEC 61.672 elimina las clases 0 y 3, restando exclusivamente las clases 1 y 2.

#### **1.3.2.3.2 MEDIDOR DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

Son aparatos capaces de medir, generalmente en porcentaje, determinados compuestos químicos contenidos en la masa de los productos, gaseosos o no, emitidos por el escape de un motor de combustión interna. El analizador puede ser de lectura directa o estar acoplado a un registrador, magnético o de otro tipo. La necesidad de analizar los gases de escape de los motores de combustión interna deriva del hecho que, sobre todo en los motores alternativos, la combustión de los hidrocarburos nunca es perfecta, razón por la cual los gases de escape no son solamente anhídrico carbónico (CO<sub>2</sub>), agua (H<sub>2</sub>O), oxígeno (O<sub>2</sub>) y nitrógeno (N). La combustión real da lugar también a la formación de productos sin quemar y otros residuos. Puesto que en la combustión influyen varios factores, algunos de tipo mecánico y otros dependientes de las características del combustible, mediante el análisis de los gases es posible determinar el tipo de combustible y la influencia que sobre aquella tienen los factores indicados.

En el caso de motores a diésel, el analizador de humos mide precisamente los contenidos de humo de los gases de escape de estos motores, calcula la opacidad de las emisiones que refleja la cantidad de partículas sólidas presente en los mismos (principalmente la carbonilla)

#### **1.3.2.4 PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN**

##### **1.3.2.4.1 SONÓMETRO**

Para aplicar la medición con el sonómetro se deberá medir la distancia requerida por norma, para posteriormente medir los decibeles la cantidad de veces que se requieran por equipo para posteriormente procesar los datos

##### **1.3.2.4.2 MEDIDOR DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

Un analizador de cuatro gases, está equipado con una bomba de vacío, que arrastra los gases de escape a través de una manguera de muestra insertada en el tubo de escape del automóvil y de ahí al analizador de gases, donde una muestra de gas de escape pasa al interior del analizador; una emisión de luz infrarroja es proyectada a través de la muestra de gas de escape.

Diferentes partículas en el gas, evitan que ciertas porciones de la luz emitida, pueda alcanzar el receptor opuesto al emisor. Los sensores determinan la cantidad de luz remanente y producen una alimentación para el procesador; el procesador determina la cantidad de los tres gases en el escape el cuarto gas es medido por un sensor independiente.

Una combustión perfecta daría como resultado agua y dióxido de carbono como elementos restantes de la combustión, pero en el ciclo real y combustión real obtenemos un residuo muy diferente.

En el caso de los motores a diésel el analizador MDO2 LON, mide precisamente los contenidos de humo, calcula la opacidad en porcentaje y simultáneamente calcula el valor “k” de las emisiones.



### **1.3.2.5 PREPARACIÓN PREVIA PARA LA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS, REQUISITOS Y CONDICIONES PARA LA APLICACIÓN**

Para la aplicación de los instrumentos no se necesitan preparaciones, requisitos o condiciones previas ya que son mediciones de contaminación y mientras más normales sean las labores de las maquinarias en el área de estudio se obtendrá mejores y valores más reales.

#### **1.3.2.5.1 SONÓMETRO**

Para medir los decibeles la única condición necesaria es medirlo a la distancia requerida por norma siendo entre 1.5 m y 7.5 m según sea el caso sin embargo también pueden tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Asegurar que tiene suficiente protección para los oídos de ruidos fuertes (riesgo de daño auditivo)
- Prestar atención a las condiciones ambientales permitidas (técnica datos) a fin de evitar mediciones defectuosas.
- La medida se inicia inmediatamente después de cambiar el aparato a la medición, y la unidad "dB", que se muestran en la pantalla.
- No encienda el medidor inmediatamente después de que se ha tomado muestra de un lugar frío a un ambiente cálido. La condensación de las formas podría destruir el dispositivo. Deje que el dispositivo alcance la temperatura ambiente antes de medir en otro tipo de temperatura.

#### **1.3.2.5.2 MEDIDOR DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

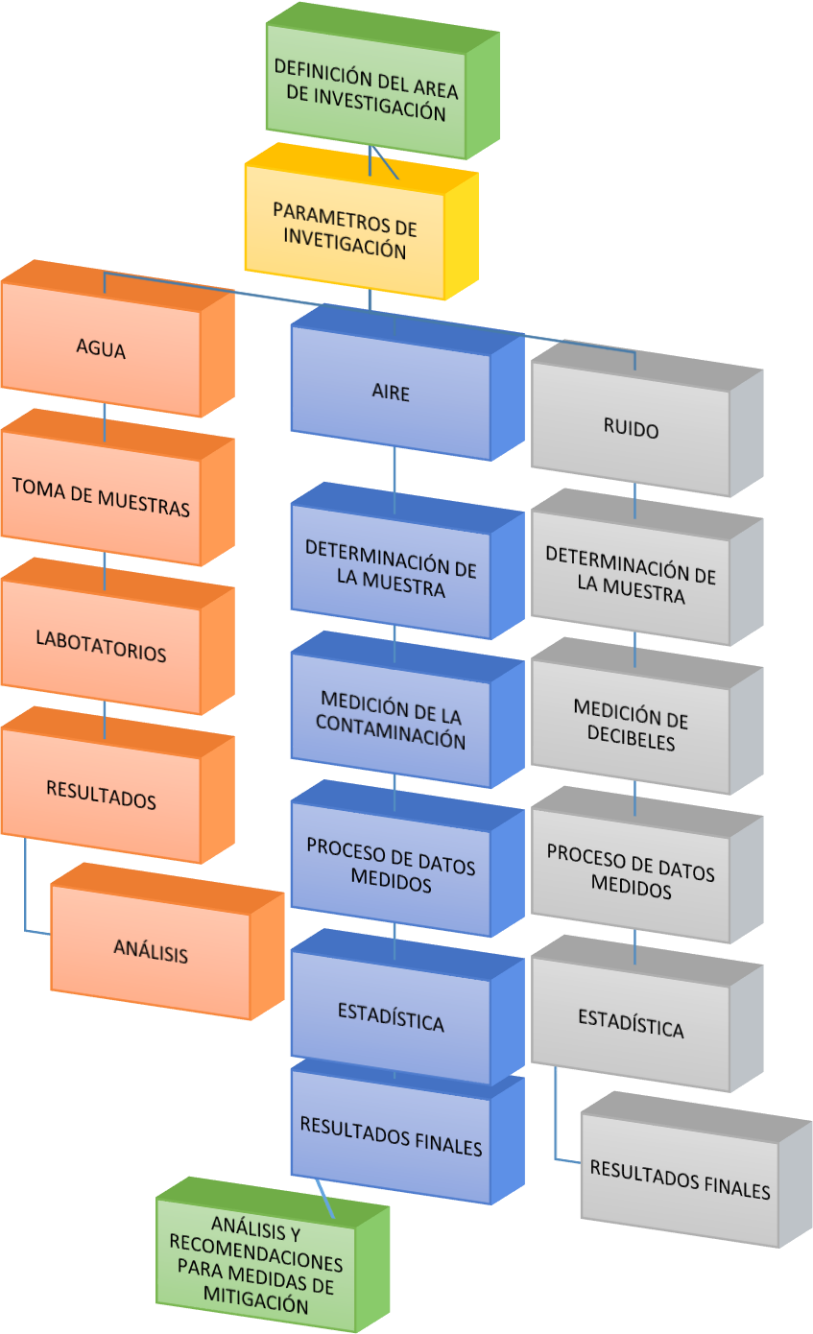
Para realizar las mediciones de la contaminación del aire será necesario que las maquinarias pesadas usadas en el área de estudio se encuentren en las condiciones en las que trabajan normalmente para obtener valores reales y confiables.

### **1.3.3 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

El procedimiento para el análisis e interpretación de la información será en primera instancia con la definición del área de estudio seguido de la determinación de los parámetros de investigación que en este caso son el agua, aire y ruido.

- Para el parámetro agua se realizará la toma de muestras posteriormente se la llevará al laboratorio una vez teniendo los resultados se hará un análisis para determinar las acciones y recomendaciones para las medidas de mitigación a tomar.
- Para el parámetro aire se determinarán las maquinarias pesadas de muestra posteriormente se medirá la contaminación del aire haciendo uso del equipo analizador de gases, luego se hará un proceso de análisis de la información con ayuda de la estadística descriptiva (mediana, moda, media, desviación standard y varianza). Una vez teniendo los resultados finales se hará un análisis de las acciones, recomendación y medidas de mitigación.
- Para el parámetro ruido se determinarán las maquinarias pesadas que serán la muestra, se medirán los decibeles a una distancia requerida por norma para posteriormente procesar los datos medido haciendo un análisis de la información por medio de la estadística descriptiva (mediana, moda, media, desviación standard y varianza), obteniendo los resultados finales se analizará las acciones, recomendaciones y medidas de mitigación pertinentes

**FIGURA N° 5 Procedimiento para el análisis e interpretación de la información**



## **CAPÍTULO II “ESTADO DE CONOCIMIENTO”**

### **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1 MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1 EL MEDIO AMBIENTE**

El concepto de Medio Ambiente resulta ser de por sí bastante intuitivo. Tradicionalmente ha sido definido de manera un tanto genérica, como “entorno natural en el que habita cualquier organismo vivo” o, con una visión tremendamente antropocéntrica, como “los problemas ambientales que sufre la humanidad o sus bienes”. A medida que se ha ido estudiando y profundizando, el verdadero significado del término Medio Ambiente se ha ido ampliando y concretando.

Hoy, se considera Medio Ambiente al conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones futuras. Es decir, el concepto de Medio Ambiente engloba no sólo el medio físico (suelo, agua, atmósfera), y los seres vivos que habitan en él, sino también las interrelaciones entre ambos que se producen a través de la cultura, la sociología y la economía.

##### **2.1.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DETERIORO DE NUESTRO MEDIO AMBIENTE**

Son muchos los factores que influyen en la destrucción y contaminación de nuestro medio ambiente, los inventos de la humanidad y las diferentes acciones tomadas indiscriminadamente, nos han llevado a un deterioro preocupante e irreversible de nuestra madre tierra.

A lo largo de nuestra historia hemos contribuido al deterioro de nuestro planeta. Las industrias arrojan miles de desechos tóxicos a la atmósfera debilitando así la capa de ozono y creando el efecto invernadero, la destrucción de la flora y fauna, la tala indiscriminada de árboles y la contaminación de ríos y mares, han generado un caos total en el funcionamiento natural de nuestro planeta. Esto se ve reflejado en el calentamiento global, llevando como consecuencia el derretimiento de los polos e

incrementando el nivel de los mares y conllevando así a diferentes fenómenos meteorológicos.

Hoy en día muchas especies animales y vegetales están en vía de extinción a causa de la inconciencia de la humanidad por la importancia de estos seres en nuestro frágil medio natural. Las explotaciones minerales y los diferentes compuestos contaminantes en su producción han limitado el desarrollo de vida en las regiones donde se practica esta labor contaminando un afluente de agua muy importante para nuestro entorno.

### **2.1.3 EL MEDIO AMBIENTE EN CARRETERAS**

La construcción de carreteras es esencial para impulsar el desarrollo y el crecimiento económico de una sociedad. Los caminos mueven mercancías y personas a través de distancias considerables, y son fundamentales para el sector del transporte. Sin embargo, hay varios impactos negativos sobre el medio ambiente que deben tenerse en cuenta durante la planificación, construcción y mantenimiento de las carreteras. Los impactos ambientales de la construcción de carreteras se clasifican en directos, indirectos, y acumulativos.

Los impactos directos son los efectos de la presencia física de la carretera. Su construcción requiere la utilización directa de la tierra, posiblemente para prácticas ambientales, como la agricultura. Los ríos y arroyos también se desvían durante la construcción de carreteras. Los caminos afectan a la vida silvestre, ya que, según la Sociedad Protectora de Animales de EE.UU. y el Centro de investigaciones de la fauna urbana, aproximadamente un millón de animales silvestres mueren en las carreteras estadounidenses cada día, incluyendo especies en peligro de extinción, como el cocodrilo estadounidense y el venado de los cayos.

Los impactos indirectos o secundarios están más estrechamente relacionados con el proceso de construcción, y suelen plantear un riesgo más grave para el medio ambiente. Éstos incluyen temas como la erosión del suelo y la contaminación de materias primas de construcción, que tienen efectos en cadena sobre la calidad del agua de la superficie. Otro impacto indirecto es la deforestación, cuando las carreteras pasan por zonas forestales para lograr transportar fácilmente la madera extraída, y además, la migración.

El aumento de la actividad humana en los bosques da como resultado nuevas carreteras, también conduce a la caza furtiva de animales.

Los impactos acumulativos son el resultado colectivo de los impactos directos e indirectos. Por ejemplo, los impactos de construcción de carreteras, como la desviación del río, la deforestación la contaminación del agua y el ruido, causan cambios en los hábitats de la vida silvestre, que contribuyen a poner en peligro a los animales, e incluso, son amenazados con ser extintos. La deforestación también hace que la temperatura aumente debido a la falta de cobertura vegetal, y la pérdida de especies vegetales.

Hay unos pocos impactos ambientales impredecibles, pero posibles, debido a la construcción de carreteras. Algunos de estos, son la contaminación del borde de la carretera por los viajeros que pasan, incendios y muertes debido a accidentes de tráfico. Todos los impactos deben ser evaluados cuidadosamente antes de construir una carretera, con el fin de minimizar sus efectos, tanto en el medio ambiente como en la población humana.

#### **2.1.4 IMPACTOS QUE OCASIONAN LAS CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS**

Muchos de estos impactos pueden darse no sólo en el sitio de construcción, sino también en las canteras o bancos de material que sirven al proyecto.

Otros impactos ambientales que pueden darse en proyectos tanto de construcción como de mantenimiento, pueden ser la contaminación del aire y del suelo, proveniente de las plantas de asfalto, el polvo y el ruido del equipo de construcción y la dinamita; el derrame de combustibles y aceites; la basura.

El impacto directo más claro es su construcción. El desmonte, cortes, taludes y nivelaciones del terreno, son alteraciones permanentes casi imposibles de remediar.

El mayor impacto hacia la biodiversidad es su interferencia con las actividades de las poblaciones de animales. Las carreteras son una de las barreras ecológicas que más afectan generadas por el ser humano. Para muchas especies, una carretera representa una barrera como si fuera un río.

Para la construcción de una carretera, el 100% de los materiales utilizados, son recursos naturales no renovables que provienen de fuentes minerales cuya extracción daña a los ecosistemas.

Los proyectos de carreteras deben diseñar y presupuestar todas las medidas preventivas y correctoras que minimicen los impactos ambientales.

La realización de cunetas, obras de desagüe y balsas de decantación son fundamentales para la protección del sistema hidrológico.

La plantación y protección de taludes y terraplenes, lo más rápidamente posible después de su construcción, evitará la erosión del lugar. Además, las plantaciones cumplen con la función de frenar la contaminación atmosférica.

Todas las actuaciones ambientales deben estar perfectamente diseñadas e incluidas en los planos, y presupuestos, de forma que no supongan costos no previstos para la empresa contratista de las obras.

Aspectos ambientales fundamentales a tomarse en cuenta:

#### **2.1.4.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Es el factor determinante de los posibles impactos ambientales de una carretera, La limitación de la altura máxima de los desmontes es muy importante debido al impacto visual que tienen y a la afección a la vegetación y a la fauna, para restituir los pasos de los animales se deben realizar falsos túneles.

#### **2.1.4.2 RUIDO**

En los proyectos se suelen utilizar métodos de cálculo del nivel sonoro a distintas distancias del eje de la carretera, en función de la intensidad de tráfico estimada y su composición.

La limitación sonora es a 65 dB durante el día y 55 dB durante la noche, la cual es a veces difícil de cumplir, sin adoptar medidas muy costosas como la instalación de pantallas o barreras anti ruido.

Otra alternativa para proteger del ruido a construcciones cercanas a la carretera es la instalación de barreras de árboles la cual no tiene prácticamente influencia en los

niveles sonoros medidos, aunque mejora la percepción psicológica al no verse la fuente sonora, en este caso la carretera.

#### **2.1.4.3 INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA Y PREVENCIÓN DE PROCESOS EROSIVOS**

Las plantaciones pueden cumplir, además de las funciones estéticas y paisajísticas, importantes funciones en la seguridad vial y la comodidad de la conducción, como evitarse o disminuirse el deslumbramiento (encandilarse), tanto por el sol como por los focos de otros vehículos.

En la lucha contra la erosión, tanto por el agua como por el viento, la vegetación cumple una inmejorable función.

La plantación de vegetación de suficiente altura, ejerce una función de guía visual para el conductor que aumenta la seguridad de los viajeros.

En caso de accidente por salida del vehículo de la carretera, una vegetación arbustiva ayuda a frenar la marcha de este, disminuyendo la gravedad del accidente.

#### **2.1.4.4 PROTECCIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO**

Los cursos del agua dentro de un ecosistema son muy valiosos, al coexistir los medios terrestre y acuático en una situación equilibrio

Las obras de paso y drenaje deben diseñarse de forma que se evite la erosión, así como la protección de los pies de terraplenes en las proximidades de los cruces de agua.

Deben realizarse las obras de paso de cursos de agua de forma que se asegure el paso de la máxima cantidad.

También debe asegurarse que no se incrementen los posibles daños causados por inundaciones, sobre todo en zonas que no tienen cauces definidos, disponiendo con suficientes obras de drenaje.



#### **2.1.4.5 PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO**

Sin duda algo muy importante es que se ubique el paso de las carreteras de forma que no se afecten a los Bienes de Interés Cultural, aunque en algunos casos, sobre todo urbanos, puede ser necesaria la relocalización de algunos monumentos u obras históricas.

#### **2.1.4.6 PASOS DE FAUNA**

Para determinar las características de los pasos de fauna es fundamental conocer las especies existentes en la zona y sus movimientos, además del tipo de vía y la intensidad de tráfico de la misma.

El efecto barrera provocado por la construcción de la carretera, si no se proyectan los pasos necesarios, dará lugar a aislamientos en la especie, reducción de áreas de campo, etc.

Siempre que sea posible se intentará utilizar los drenajes como túneles falsos para el paso de la fauna, todo esto en función del tamaño del animal y del túnel.

#### **2.1.5 MAQUINARIA PESADA EN CARRETERAS**

Bajo el nombre de maquinaria pesada se incluyen un grupo de máquinas utilizadas en actividades de construcción de carreteras con la finalidad de:

- Remover parte de la capa del suelo, de forma de modificar el perfil de la tierra según los requerimientos del proyecto de ingeniería específico.
- Transportar materiales (áridos, agua, hormigón, elementos a incorporar en la construcción
- Cargar y descargar materiales de construcción
- Conformar el terreno

Se utilizan máquinas de excavación para remover el terreno donde se asentarán las fundaciones, también para desplazar suelos y conformar el terreno en la realización de caminos, para excavar túneles, etc.

Dependiendo de las características del suelo es el tipo de maquinaria que resulta más adecuada. Por ejemplo, suelos muy duros como rocas o arenas cementadas requieren de martillos para perforar la roca, cuchillas circulares de corte o retroexcavadoras con martillo picador. Por otra parte, suelos más blandos permiten trabajar con retroexcavadoras y motoniveladoras.

#### **2.1.5.1 HISTORIA DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN**

Los Estados Unidos fueron los primeros en desarrollar innovaciones para ahorrar mano de obra, primero en agricultura, después en construcción, los dos encajándose en una vigorosa tradición de mecanización. El Reino Unido y Europa se hallaban en considerable atraso en ambos sectores, probablemente debido a la abundancia de mano de obra y la menor escala de las obras para realizar, lo que llevó a una dilución del ímpetu hacia una mayor productividad. Los manufactureros norteamericanos de equipamientos, pioneros en la obsolescencia planificada, al contrario del principio Europeo de la construcción duradera, también alimentaron el proceso de cambio, además de que los lazos entre los manufactureros y los usuarios siempre estuvieron estrechos así permitiendo que lecciones de operación se incorporaran en el proceso de diseño.

La historia del mejoramiento en el diseño de máquinas, que se dio principalmente en los Estados Unidos, nos da una fascinante ilustración del principio de cómo la forma sigue la función. La especialización del equipamiento de mover tierra, esencialmente como función de la distancia de acarreo, hizo aparecer la niveladora, el raspador, el bulldózer, la compactora, el cargador y el ubicuo tractor agrícola. Este proceso se dio más o menos alrededor de los 1880 hasta el final de la primera guerra mundial. Ya en esta época todos habían adquirido su silueta familiar. El diseño elegante y utilitario del tractor de hacienda cambió poco en los últimos noventa años. Las primeras niveladoras, raspadores y compactoras eran de tracción animal, pero el esfuerzo de tracción necesario requería de equipos de un tamaño excesivo (se mencionaron equipos de hasta dieciséis mulas), entonces rápidamente el tractor, y luego el asentador de vías fueron adaptados para poder jalarlos. Luego fueron motorizados. La adición de la cuchara del

Búldozer al tractor arrastrador, una innovación clave para desplazar tierra sobre cortas distancias, llegó un poco más tarde. En la medida en que la tracción por vapor no dominaba como era el caso en el R.U., donde la indestructibilidad (las máquinas de vapor victorianas quedaron en servicio por medio siglo y más) era sin duda un freno al desarrollo de maquinaria relativamente ligera y ágil, el motor a combustión interna fue adoptado rápidamente. Sin duda, el hecho de que fuera tan compacto y práctico estimuló mucho el diseño. A pesar de que no fuera una tarea trivial encender un motor a petróleo en temperaturas de congelamiento a principios de siglo, los procedimientos para arrancar una máquina de vapor ocupaban las primeras horas de cada día.

Después del desarrollo rápido de los treinta años antes de la primera guerra mundial, se consolidó el diseño en los años 20 y 30. El tamaño y la potencia de los motores incrementaron, los motores diésel se volvieron bastante universales, así como los sistemas hidráulicos. Al umbral de la segunda guerra mundial la maquinaria de construcción había llegado grosso modo a su forma actual.

### **2.1.5.2 CARACTERÍSTICAS COMUNES**

Todas las máquinas utilizadas para realizar procesos de [excavación](#) están construidas para hacer frente a las duras condiciones a las que se las somete durante su operación. Por lo general todas están provistas de [sistemas de tracción](#) en todas sus ruedas o sistemas de movimiento para poder maniobrar en los terrenos agrestes en los que desarrollan sus tareas. Mientras que algunas poseen [neumáticos](#) similares a los autos aunque de [bandas de rodamiento](#) mucho más grandes, otras poseen [orugas metálicas](#) similares a las de los [tanques de guerra](#), y en otras máquinas las cubiertas de [caucho](#) están recubiertas de [mallas metálicas](#) de forma de proteger la goma contra el daño que de otra forma le producirían las piedras filosas que se excavan.

#### **2.1.5.2.1 CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA**

La maquinaria según la relación de Peso/volumen es decir según su capacidad se clasifica de la siguiente manera:

#### **2.1.5.2.1.1 MAQUINARIA PESADA**

Maquinaria de grandes proporciones geométricas comparado con vehículos livianos, tienen peso y volumetría considerada; requiere de un operador capacitado porque varía la operación según la maquinaria; se utiliza en movimientos de tierra de grandes obras de ingeniería civil y en obras de minería a cielo abierto. Ejemplos Grúas, excavadoras, tractor, etc.

#### **2.1.5.2.1.2 MAQUINARIA SEMIPESADA**

Son maquinarias de tamaño mediano utilizados generalmente en la construcción, por ejemplo: Camión volqueta, carros Cisternas o Aguateros, camiones escalera. El peso y volumen de estas unidades es mediano.

#### **2.1.5.2.1.3 EQUIPO LIVIANO**

Pueden ser máquinas pequeñas o equipos especializados; como: compresoras, bomba de agua, bomba de lodo, vibradoras, ginches, cortadoras de acero, rompe pavimentos, montacargas, etc.

#### **2.1.5.2.1.4 VEHÍCULOS PESADOS**

Entre estos vehículos se tienen al camión de estacas o camión con carrocería

#### **2.1.5.2.1.5 VEHÍCULOS SEMIPESADOS**

Entre los vehículos semipesados se tienen los de uso público como ser: los buses, microbuses, etc.

#### **2.1.5.2.1.6 VEHÍCULOS LIVIANOS**

De peso y volumen reducido, auto transportables, por ejemplo: automóvil, furgonetas, jeep, camioneta, minibús, etc.

#### **2.1.5.2.2 MÁQUINAS SEGÚN SU USO**

- **Acarreo de materiales:** es un amplio grupo de camiones reforzados para tareas pesadas, con capacidad de acarrear varias toneladas de materiales. algunos de ellos tales como el camión volcador están concebidos para el acarreo y descarga

rápida de materiales sueltos tales como arenas, o pedregullo. Otros poseen estructuras especiales para poder transportar contenedores de transporte marino, mientras que otros están diseñados para transportar pallets con diversos elementos requeridos en una obra. Otros camiones denominados hormigoneras permiten el transporte de hormigón preparado, mientras que otros poseen tanques de agua para su acarreo.

- **Demolición:** Existen máquinas específicas concebidas para tareas de demolición, tales como la bola de demolición, hidrofresa, martillo mecánico, u hoja de corte.
- **Excavación:** para excavaciones a cielo abierto se utilizan la pala excavadora, dragalina, minicargadora, pala cargadora, retroexcavadora, zanjadora el tipo de máquina a utilizar depende de las características del trabajo si es una zanja o si es un pozo de grandes dimensiones.
- **Desplazamiento de grandes volúmenes de terreno:** topadora, motoniveladora.
- **Preparación del terreno:** aplanadora, pata de cabra
- **Excavaciones sub-acuáticas:** draga
- **Excavación de túneles:** subterrene, tuneladora
- **Izaje y desplazamiento de componentes y materiales:** grúa torre, camión grúa

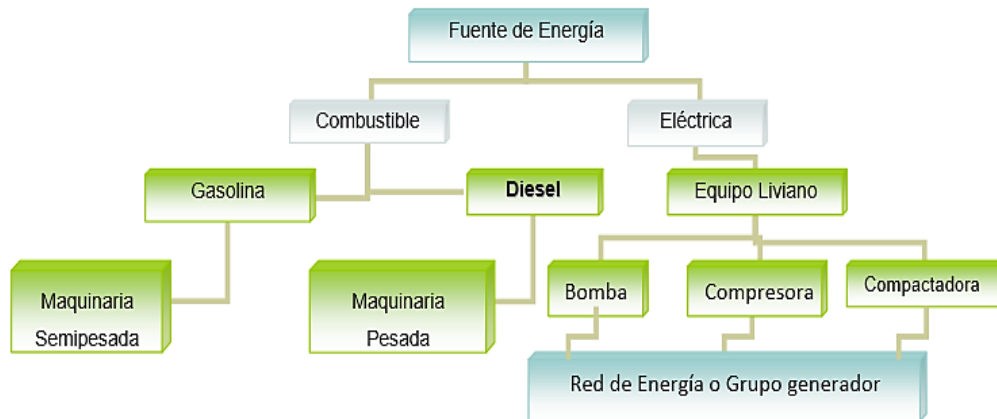
**FIGURA N° 6 Clasificación de la maquinaria pesada según las operaciones que realizan**



### 2.1.5.2.3 SEGÚN LA FUENTE DE ENERGÍA

Se toma como referencia el tipo de motor de la máquina, definiéndose motor como: “Sistema material que transforma una determinada clase de energía (hidráulica, química, eléctrica, etc.) en energía mecánica y produce movimiento.”

**FIGURA N° 7 Clasificación de la maquinaria pesada según la fuente de energía**



### 2.1.5.3 EQUIPOS GENERALMENTE USADOS EN LA ETAPA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

Se detallará maquinarias comúnmente usadas en la ejecución de obras viales, así sea para el movimiento de tierras, compactación, corte excavación u otra actividad

#### 2.1.5.3.1 BULLDOZERS (TRACTOR ORUGA) O TOPADORAS

Es una maquinaria para movimiento de tierra con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñado especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empuje con la hoja (transporte). En esta máquina son montados diversos equipos para poder ejecutar su trabajo, además, debido a su gran potencia, tiene la posibilidad de empujar o apoyar a otras máquinas cuando estas lo necesiten (ej. Una mototrailla)

Estas máquinas se utilizan durante el proyecto de construcción en operaciones tales como: limpieza del terreno de árboles y maleza, apertura de brechas en terrenos rocosos, movimientos de tierra en estanques, cortes carreteros u otros, esparcimiento

de rellenos de tierra y limpieza de escombros en sitios de construcción. Algunos modelos poseen un roter o diente escarificador, que permite la remoción de roca o terrenos duros.

**FIGURA N° 8 Tractores Oruga o Bulldozers**



- **Clasificación por su envergadura**
  - Pequeños
  - Medianos
  - Grandes
- **Por la forma en que mueve su hoja**
  - Tildozer
  - Push dozer
  - Angledozer
  - Tipdozer
- **De acuerdo a la forma de rodamiento:**
  - Sobre cadena
  - Sobre neumático (Bastidor rígido o articulado)

- **Especificaciones técnicas de modelos Caterpillar, Tractores de cadena pequeños**
  - Potencia hp: 78 a 100
  - Cilindrada: 4,998 cm<sup>3</sup>
  - Peso kg: 7,640 a 8,821
- **Tractores de cadena medianos**
  - Potencia hp: 110 a 140
  - Peso kg: 13,100 a 27,776
- **Tractores de cadena grandes**
  - Potencia hp: 305 a 850
  - Peso kg: 37,580 a 111,590
- **Tractores neumáticos medianos**
  - Potencia hp: 220 a 440
  - Radio de giro: 9.91 m
  - Peso kg: 18,611 a 46,355
- **Tractores neumáticos grandes**
  - Potencia hp: 625 a 850
  - Radio de giro: 12.5 a 17.

**CUADRO N° 2 Diferencias entre tractor de oruga y uno neumático**

ORUGAS	NEUMÁTICOS
<b>Mayor tracción (fuerza)</b>	
<b>En un río se deteriora la oruga</b>	No deteriora el pavimento
<b>Tiene que ser transportado en un camión</b>	Se desestabiliza más rápido



ORUGAS	NEUMÁTICOS
<b>Funciona bien en grandes volúmenes de tierra</b>	Trabaja mejor en un río, suelos granulares, dunas
<b>Trabaja bien en suelos arcillosos, mojados</b>	Con fango patina
<b>Distancia máxima económica=100mt.</b>	Distancia máxima económica=150-180 m.

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas CATERPILLAR

- **Velocidades máximas de avance y retroceso de un tractor de cadena**

- CATERPILLAR modelo D9N:
- Velocidad máxima de avance: 12,1 km/h
- Velocidad máxima de retroceso: 14,9 km/h

**2.1.5.3.2 MOTONIVELADORA**

Definición: Máquina muy versátil usada para mover tierra u otro material suelto. Su función principal es nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en que trabaja. Se considera como una máquina de terminación superficial. Su versatilidad está dada por los diferentes movimientos de la hoja, como por la serie de accesorios que puede tener.

**FIGURA N° 9 Diferentes modelos de motoniveladoras**



Puede imitar todos los tipos de tractores, pero su diferencia radica en que la motoniveladora es más frágil, ya que no es capaz de aplicar la potencia de movimiento ni la de corte del tractor. Debido a esto es más utilizada en tareas de acabado o trabajos de precisión.

La motoniveladora permite:

- Extender y nivelar materiales sueltos

- Excavar las cunetas de una carretera, llevando los materiales extraídos hacia el eje de la carretera después de nivelarlos.
- Regularizar los taludes de una excavación, nivelando los materiales extraídos sobre el fondo.
- Conservar las pistas seguidas por las máquinas de movimiento de tierra. En arrancar mediante escarificador y eliminar los elementos demasiados gruesos mediante rastrillos para rocas.

**CUADRO N° 3 Especificaciones técnicas motoniveladoras modelos Caterpillar**

<b>MODELO</b>	<b>Potencia neta al volante(KW)</b>	<b>Modelo Motor</b>	<b>Velocidad máxima de avance (km/h)</b>	<b>Velocidad máxima de retroceso (km/h)</b>	<b>Radio mínimo de giro(m)</b>
<b>120G</b>	93	3304	40.90	38.30	6.70
<b>130G</b>	101	3304	39.40	36.90	7.30
<b>12G</b>	101	3406	39.40	39.40	7.30
<b>140G</b>	112	3406	41,00	41,00	7.30
<b>140G AWD</b>	134	3406	41,00	41,00	7.80
<b>14G</b>	149	3406	43,00	50.10	7.90
<b>16G</b>	205	3406	43.60	43.60	8.20

Fuente: Manual de especificaciones técnicas CATERPILLAR

### **2.1.5.3.3 EXCAVADORAS**

Definición: Máquina autopropulsada sobre ruedas o cadenas con una súper estructura capaz de efectuar una rotación de 360°, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balance, sin que el chasis o la estructura portante se desplace.

La definición anterior, precisa que si la máquina descrita no es capaz de girar su superestructura una vuelta completa (360°), no es considerada como excavadora. La precisión de los planos de trabajo, tales como pluma, balance, estructura portante, etc.; fija y unifica los criterios clasificadores.

**FIGURA N° 10 Excavadora Caterpillar**



#### **Clasificación de las Excavadoras**

- **Por su accionamiento:**
  - Excavadoras de cable o mecánicas.
  - Excavadoras Hidráulicas.
- **Por su sistema de traslación:**
  - Excavadoras montadas sobre cadenas (orugas)
  - Excavadoras montadas sobre ruedas (neumáticos)

Se utiliza mucho también para el trabajo en zanjas en el que trabaja retrocediendo. Además, a esta máquina se le pueden adaptar según la capacidad, otros accesorios para desempeñar otras labores, tal es el caso de los martinetes que se ubican en vez del cucharón, lo que permite al equipo, realizar labores de excavación en suelos rocosos.

**CUADRO N° 4 Principales diferencias entre una excavadora montada sobre orugas y una sobre ruedas**

<i>CADENAS (ORUGAS)</i>	<i>RUEDAS</i>
	Mayor movilidad
<b>Mayor flotación</b>	No dañan el pavimento
<b>Mayor tracción</b>	Mejor estabilidad con estabilizadores
<b>Mejor maniobrabilidad para terrenos muy difíciles</b>	Nivelación de la máquina con estabilizadores
<b>Reubicación más rápida de la máquina</b>	Mayor capacidad de trabajo con la hoja

Fuente: Manual de Especificaciones Técnicas CATERPILLAR

**2.1.5.3.4 RETROEXCAVADORAS**

**Definición:** Máquina autopropulsada, la que se caracteriza por su versatilidad y la ventaja de trabajar en espacios reducidos. Esta máquina, se encuentra montada sobre ruedas con bastidor especialmente diseñado que porta a la vez, un equipo de carga frontal y otro de retroexcavación trasero, de forma que pueden ser utilizados para trabajos de excavación y carga de material.

**FIGURA N° 11 Retroexcavadora Caterpillar modelo 426B**



**CUADRO N° 5 Especificaciones técnicas de una retroexcavadora Caterpillar Modelo 426B**

<i><b>ESPECIFICACION</b></i>	<i><b>CARACTERISTICA</b></i>
<b>potencia al volante</b>	61 kw
<b>Peso en orden de trabajo</b>	6790,00 kg
<b>Velocidad máxima de avance</b>	33,20 km/h
<b>Velocidad máxima de retroceso</b>	33,50 km/h
<b>Radio mínimo de giro</b>	7,88 m
<b>a) Profundidad máxima de excavación</b>	4721,00 mm
<b>b) Fondo plano de 61 mm</b>	4696,00 mm
<b>c) Altura total de operación</b>	5752,00 mm
<b>d) Altura de carga</b>	3815,00 mm

<i>ESPECIFICACIÓN</i>	<i>CARACTERÍSTICA</i>
e) Alcance de carga	1711,00 mm
Arco de giro	180°

Fuente: Manual de especificaciones técnicas CATERPILAR

### 2.1.5.3.5 CARGADORES FRONTALES

**Definición:** El cargador frontal es un equipo tractor, montado en orugas o en ruedas, que tiene un cucharón de gran tamaño en su extremo frontal.

Los cargadores son equipos de carga, acarreo y eventualmente excavación en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo en distancias cortas.

#### FIGURA N° 12 Cargador Frontal marca Caterpillar



El uso de cargadores da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y aumentar la producción. En el caso de excavaciones con explosivos, la buena movilidad de éste le permite moverse fuera

del lugar de voladura rápidamente y con seguridad; y antes de que el polvo del explosivo se disipe, el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega del material.

Originalmente los tractores cargadores sólo tenían movimiento de giro del cucharón y vertical a lo largo de un marco que le servía de guía al cucharón, que se colocaba en la parte delantera del tractor. Cuando el cucharón estaba a nivel de piso, el tractor avanzaba hacia adelante y este se introducía en el material para cargar; después se subía el a base de cables y poleas accionadas por una toma de fuerza del motor del tractor, y con el cucharón en esta posición, el tractor se movía hasta colocarlo en la parte superior del vehículo, que se deseaba cargar y se dejaba que el cucharón girara por el peso del material, y del mismo, aflojando uno de los cables de control.

Los cucharones del cargador frontal varían en tamaño desde 0.19 m<sup>3</sup> hasta modelos de 19.1 m<sup>3</sup> de capacidad, colmado. El tamaño del cucharón está estrictamente relacionado con el tamaño de la máquina.

Algunos modelos de pala pueden utilizar diversos accesorios que la conviertan en una máquina de trabajo de utilidad múltiple.

- Pala cargadora para trabajo normal
- Pala retroexcavadora para trabajo de zanjas y pozos
- Pala Niveladora para el trabajo de regularización o nivelación
- Como esta máquina también puede trabajar como grúa o utilizar un dispositivo especial de martinete para la inca de pilotes, el número de utilidades que se admiten son siete.

#### **Clasificación de los cargadores frontales:**

- **De acuerdo a la forma de efectuar la descarga:**
  - Descarga Frontal
  - Descarga Lateral
  - Descarga Trasera



- De acuerdo a la forma de rodamiento:
  - De Neumáticos (Bastidor rígido o articulado)
  - De Orugas

**CUADRO N° 6 Especificaciones técnicas de modelos Caterpillar**

<b>ESPECIFICACION</b>	<b>CARACTERISTICA</b>
<b>Potencia en el volante</b>	73,1 KW
<b>Modelo de motor</b>	3114 T
<b>Velocidad máxima de avance</b>	37 km/h
<b>Velocidad máxima de retroceso</b>	24,5 km/h
<b>Capacidad combustible</b>	157 L
<b>a) Altura hasta el tubo de escape</b>	3,08 m
<b>b) Altura hasta el capo del motor</b>	2,7 m
<b>c) Altura hasta el techo ROPS</b>	3,14 m
<b>d) Altura total máxima</b>	4,66 m
<b>e) Profundidad máxima de excavación</b>	90 mm
<b>f) longitud total</b>	6,42 m

Fuente: Manual de especificaciones técnicas CATERPILLAR

### **2.1.5.3.6 COMPACTADORES Y VIBROCOMPACTADORAS**

Las apisonadoras son máquinas autopropulsadas de 2 o 3 rodillos, que se emplean en la compactación de tierras con espesores de 20 – 30 cm. Su peso varía de 5 a 15 t y la velocidad de trabajo entre 2 y 10 Km/h.

La maquinaria vibrante puede ser apisonadoras autopropulsadas o rodillos vibrantes remolcados por tractor, pisonos manuales, planchas o bandejas vibrantes, etc. Puede compactar adecuadamente gravillas, arenas y, en general, terrenos con poco o ningún aglomerante, en espesores hasta 25 cm. No son aptos para terrenos arcillosos.

***FIGURA N° 13 Compactadoras BITELLI TIFONE C120: de rulo, y de pata de cabra.***



Los compactadores de neumáticos pueden ser autopropulsados o remolcados, con suspensión independiente en cada rueda, lo que asegura una buena compactación. Todos los neumáticos deben llevar la misma presión y su velocidad oscila entre 10 y 24 Km/h.

*FIGURA N° 14 Vibrocompactador pata de cabra*



Los rodillos pata de cabra son máquinas remolcadas por tractores de pequeña o mediana potencia, que pueden ser normales o vibrantes, y que se utilizan para la compactación de terrenos con excepción de arenas, gravas y piedra partida.

Disponen de depósitos para lastre, que pueden estar vacíos o llenos de agua o arena, lo que permite aumentar la presión que transmiten al terreno.

**CUADRO N° 7 Objetivos de la compactación**

<b>OBJETIVOS</b>	<b>EFEECTO</b>	<b>CONTROL, ENSAYOS</b>
<b>Aumento de la resistencia</b>	- Capacidad portante - Estabilidad del terraplén	- De penetración o índice - CBR - Triaxiales - Corte - Compresión simple
<b>Disminución del volumen de Huecos</b>	Impermeabilidad	Permeabilidad
<b>Resistencia a la deformación</b>	Limitación de asentos y cambios de volumen	Módulo de Deformación Edométrico

Fuente: Equipos de Construcción en Obras viales

### **2.1.5.3.7 CAMIONES**

El transporte de material excavado a vertedero o al lugar de empleo es muy usual en las obras. Esta operación comprende el transporte de tierras sobrantes de la excavación a vertedero, o bien el transporte de las tierras necesarias para efectuar un terraplén o un relleno. En otras situaciones, es necesario transportar agua para realizar la construcción de obras de drenaje o para el riego en terracería, para lo que se hace uso de los camiones cisterna (de estos últimos, existen autopropulsados y remolcados; los hay con equipo de bombeo y otros que funcionan por gravedad).

**FIGURA N° 15** Camión o Volqueta destinada al transporte de materiales



Tanto camiones, como dumper son medios de transporte para largas distancias, con una serie de peculiaridades. Mientras los primeros no pasan de un peso de 13 toneladas por eje (pueden circular por carreteras convencionales), los segundos no. Los segundos, además de su gran capacidad, tienen un diseño especial que los compatibilizan para soportar cargas bruscas, terrenos accidentados, etc.

**Camiones:** Vehículos de caja descubierta, destinados al transporte de cargas superiores a 500 Kg, siempre han de ser basculantes.

**Dumper:** Vehículos de caja basculante muy reforzada (tara mayor o igual a la carga útil). Suelen tener varios ejes tractores y calzar neumáticos todo terreno.

Se emplean para transportes cortos, fuera de carreteras o caminos y tienen capacidad de carga muy variable. Suelen tener una elevada capacidad de transporte, oscilando los pesos netos entre 30 y 40 toneladas con cargas útiles entre 40 y 60 toneladas.

En general los camiones también se pueden clasificar de acuerdo a la forma que realizan una determinada actividad, teniendo así la siguiente clasificación:

- Camiones de Volteo.
- Camiones fuera de caminos (Dumper).

- Volquetes.
- Camiones Planchas.
- Camiones cisternas o pipas

## **2.1.6 IMPACTOS EN EL MEDIO AMBIENTE POR EL USO DE MAQUINARIA PESADA EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS**

La industria de la construcción asociada al desarrollo de los países, la generación, mejora y transformación de estructura, indudablemente busca satisfacer las necesidades que la sociedad presenta.

De otro lado, su gestión ambiental tiene como objetivo dar tratamiento a los impactos o cambios, ya sean adversos o beneficiosos, derivados de las diferentes prácticas en las distintas etapas del desarrollo de una construcción. En este contexto se resaltan los aspectos del medio humano y natural y sus interacciones con los proyectos de construcción.

### **2.1.6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN EL MEDIO ABIÓTICO**

La industria en mención incluye varias fuentes de contaminación que se pueden enmarcar en los distintos aspectos e impactos ambientales propios del sector económico y que modifican el componente abiótico de los ecosistemas, es decir, el suelo, el aire y el agua, tal como se describe a continuación:

#### **2.1.6.1.1 SUELO**

Presenta alteración fundamentalmente por los residuos, ya sean sólidos, líquidos y/o peligrosos, generados en la industria y que están asociados a actividades de desmonte, limpieza, descapote, excavaciones, demoliciones, obras hidráulicas y construcción de vías, entre otras.

El vertido de desechos y escombros de la construcción tiene numerosos efectos negativos en el medio ambiente, entre otros: contaminación, utilización excesiva de materiales con la consecuente pérdida de recursos naturales, degradación de la calidad

del paisaje y alteración de drenajes naturales. Por otra parte, el despilfarro de material, mano de obra y transporte que implican los residuos, tiene así mismo consecuencias negativas, puesto que eleva los costos finales de construcción.

En el curso final de la vida útil de la construcción, todos los materiales utilizados a menudo se convierten en escombros, es decir, que grandes cantidades (50%) se presentan en forma de materiales de desecho.

Así como los residuos tienen importante influencia en el suelo, el uso de la tierra, la acidificación, la eutrofización y ecotoxicidad también lo hacen, y se caracterizan fundamentalmente por la modificación generada al ecosistema.

Los movimientos de tierra generan alteración de la geomorfología, la pérdida de cobertura vegetal, ocasionan procesos de erosión más rápidos y en ocasiones, cuando se usan explosivos para excavaciones en la industria de la construcción, se pueden generar inestabilidad de los taludes lo que conllevaría a un riesgo de deslizamientos y derrumbes que pueden generar tanto pérdidas en la infraestructura como pérdidas humanas.

#### **2.1.6.1.2 AIRE**

Sus alteraciones están asociadas al polvo, el ruido, las emisiones de CO<sub>2</sub> como consecuencia de, entre otras actividades, el uso de combustibles fósiles, uso de minerales, realización de excavaciones, corte de taludes y operación de máquinas y herramientas. Para el caso específico del dióxido de azufre, este es producto del uso de los combustibles fósiles, mientras que el uso de minerales como material de construcción genera finas partículas de polvo durante su proceso de degradación, de acuerdo con la dispersión, el polvo se clasifica en 5 clases. Los más peligrosos de ellos son partículas duras de la clase 5°. Estas partículas duras no son detenidas por las vías respiratorias superiores de los humanos; por lo tanto, pueden pasar desapercibidos con enfermedades de las vías. Depositando en la membrana mucosa de la nariz, la tráquea, los bronquios, que despiertan reacciones inflamatorias y con el tiempo alteraciones

crónicas. Más tarde, la gente contrae enfermedades de las vías respiratorias, como bronquitis, traqueítis y neumonía (esclerosis difusa de los pulmones).

Si bien los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) hacen parte de las principales fuentes de energía, las emisiones de su combustión provocan cambios climáticos, pues al ser quemados se presenta liberación de dióxido de carbono a las capas más bajas de la atmósfera donde se forma una barrera que atrapa el calor liberado por la tierra, generando lo que se conoce como efecto invernadero. Entre más dióxido de carbono hay en la atmósfera, más calor se acumula y este calentamiento provoca el cambio climático.

Los fabricantes de cemento generan entre el 3 y 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a través del mundo. El proceso de fabricación comienza con la piedra caliza (de alta contenido de Ca (CO) y 4,4 kN de CO<sub>2</sub> que se produce al calentar solo 10 kN de CaCO<sub>3</sub>. Si bien el consumo de materias primas es un 60%, es importante señalar que la transformación de estas en materiales de construcción genera aproximadamente el 50% de las emisiones a la atmósfera, específicamente las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El aporte de la contaminación que el ruido hace al aire es producto, principalmente, de la operación de máquinas y equipos utilizados en actividades de excavación, apertura de vías, transporte y descargue de materiales. Los elevados niveles de contaminación por ruido alteran a trabajadores y el entorno. En este sentido, plantea que el ruido producido por una obra de construcción puede afectar el derecho al silencio, la comodidad y la salud de residentes y la población visitante, y puede influir en la actividad normal de las escuelas cercanas, hospitales y otros servicios, y que las principales fuentes de ruido en una obra de construcción son martillos neumáticos, compresores, hormigoneras y maquinaria.

#### **2.1.6.1.3 AGUA**

El recurso hídrico está asociado a los movimientos de tierra, excavaciones y eliminación de la cubierta vegetal, generando así alteración de los cuerpos de agua, que en ocasiones son atravesados por la construcción de vías y en consecuencia, se presenta



la modificación de los flujos y calidad de agua. El agua de lavado de las obras de construcción contiene una cantidad considerable de sólidos suspendidos, hecho que altera los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento. El máximo permitido de cantidad de sólidos de alta densidad (por ejemplo, minerales) es de 200 mg l-1. Lo anterior también está acompañado de los consumos de agua que se presentan en la preparación de materiales, lavado de máquinas y equipos, y en el proceso en general.

#### **2.1.6.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN EL MEDIO BIÓTICO**

Si bien las distintas etapas y actividades de la industria de la construcción generan impacto ambiental en el medio abiótico, es importante, de la misma manera, observar el efecto que se presenta en el medio biótico, es decir, en la flora y la fauna. Se define el medio biótico como el conjunto de organismos vivos (animales y plantas). La caracterización de este impacto incluye la mirada de las ciudades como un ecosistema susceptible a ser transformado por la actividad humana, comprendida por medios naturales urbanos como las calles arborizadas, los parques, los bosques urbanos y cursos de agua que generan beneficios para los habitantes, tales como regulación de gases, reducción de ruido y generación de cultura por el cuidado del medioambiente, entre otros.

##### **2.1.6.2.1 FLORA**

En los sitios tanto urbanos como rurales en donde se desarrollan los proyectos de construcción hay variedad de vegetación que se caracteriza, entre otros aspectos, por la existencia de pastizales, matorrales, paisajes y conformación vegetal en general, que por acciones de la industria de la construcción resultan afectados.

En relación a la vegetación, las actividades de construcción pueden dañar la vegetación en el sitio y en sus alrededores; uno de los componentes fundamentales es el que representan los árboles, teniendo en cuenta la importancia de estos. Cabe recordar que pueden llegar a morir dadas las actividades de compactación del suelo, aumento en el nivel del suelo, apertura de zanjas y trincheras, la remoción del suelo superficial y

pérdida o daño de raíces. Al tener una vegetación alterada se genera erosión en sitios como laderas, pérdida de árboles y degradación hidrológica. La contaminación y la alteración de la biota y los ecosistemas son producto del ruido, la luz, la arena, el polvo y metales como Pb, Cd, Ni, y Zn, y gases como el CO y NO. Hay dos efectos secundarios y sinérgicos que resultan ser complejos en las operaciones de construcción, el primero hace referencia a los contaminantes generados en los proyectos de infraestructura como carreteras, que generan estrés fisiológico en algunas plantas y las hacen más susceptibles al ataque de plagas. El otro se refiere a las sustancias tóxicas en el agua y las distintas respuestas que pueden presentar las plantas. Las actividades de construcción pueden dañar la vegetación en el sitio y en sus alrededores. Uno de los componentes fundamentales es el que representan los árboles, teniendo en cuenta la importancia de estos. Adicional a la alteración mencionada es importante señalar, que hay otros impactos asociados a la afectación de las áreas de cultivo como se describe a continuación:

#### **2.1.6.2.2 EL POLVO Y LA ARENA**

Los estudios existentes relacionados con la química y los efectos físicos del polvo incluyen destrucción celular, bloqueo de estomas y afectación de la fotosíntesis entre otros es aquí cuando toma alta importancia la protección de las plantas expuestas a la sedimentación de polvo y arena en las áreas de construcción, de tal manera que puedan desarrollar su ciclo de vida bajo parámetros normales.

#### **2.1.6.2.3 LOS METALES PESADOS**

Menciona que el uso de la tierra y el tipo de metales pesados tienen relación con el polvo de las carreteras, la germinación de semillas y el crecimiento de la raíz en cultivos hortícolas. En China se encontró mayor crecimiento de raíces en sitios en donde el nivel de polvo generado por las obras es menor.

#### **2.1.6.2.4 LOS GASES**

Afirma que los efectos de los gases e hidrocarburos generados por la combustión de los vehículos utilizados en las construcciones tienen efectos en el proceso de crecimiento de las plantas y la salud y muerte de los árboles.

#### **2.1.6.2.5 FAUNA**

En las diferentes condiciones climáticas y geológicas se establecen especies animales que se adaptan a las condiciones específicas de los distintos sitios en donde se desarrollan proyectos de construcción. Durante las diferentes etapas de construcción se presentan acciones como la destrucción de madrigueras, nidos y dormitorios, que a su vez pueden provocar la muerte de animales y por ende, reducir o desaparecer los sitios de refugio de estos.

El fenómeno más representativo es, precisamente la migración de especies animales y por ende, la afectación del ecosistema. De igual forma, la operación y tránsito de vehículos y maquinaria pesada, al generar niveles importantes de ruido, producen alejamiento de algunas especies como mamíferos y aves. Significa entonces, que la fauna, así como sucede con la flora, es susceptible a modificaciones que pueden alterar su vida de forma parcial o total. Las diferentes especies de animales tienden a responder a los distintos contaminantes de varias maneras e incluso en todas sus etapas de la historia de la vida pueden tener respuestas muy diferentes.

#### **2.1.6.2.6 EL RUIDO, LOS GASES Y EL POLVO**

Estos tres presentan incidencia en la vida silvestre si se tiene presente, que al ser modificado su hábitat por los distintos proyectos, se ven alterados su volumen de comunicación, su convivencia en grupo e individual, hábitos de sueño y alimentación entre otros, incluso para el caso de las aves reproductoras, se ha visto afectada entre otras variables su crecimiento.

## **2.2 MARCO NORMATIVO**

### **2.2.1 LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN RELACIÓN A CARRETERAS**

La Constitución Política del Estado es la ley fundamental y sirve de base legal a toda estructura del Estado y por ende a la normativa que imperan en Bolivia; en ella se establece que el suelo y el subsuelo con todas sus riquezas naturales, así como los elementos y fuerzas físicas susceptibles de aprovechamiento, son del dominio originario del Estado, correspondiendo a éste su protección y uso racional, a fin de contribuir al desarrollo del país.

Desde principios de 1990, Bolivia realizó un gran esfuerzo para incorporar la gestión ambiental a su administración nacional, invirtiendo importantes recursos para desarrollar el marco jurídico con la finalidad de conformar una estructura institucional fortalecida y capaz de administrar la problemática ambiental en el país.

#### **2.2.1.1 LA LEY DE MEDIO AMBIENTE Y SU REGLAMENTACIÓN**

El 27 de abril de 1992 se aprobó la Ley N2 1333 de Medio Ambiente con sus 118 artículos, distribuidos en 12 títulos y 34 capítulos, que abarcan desde las disposiciones generales, la gestión ambiental y otros aspectos ambientales vinculados a sectores específicos como el de salud y población, la misma que entró en vigencia el 15 de junio de 1992, fecha de su publicación en la Gaceta Oficial (No. 1740).

El Reglamento General de Gestión Ambiental establece el marco y los roles institucionales, define aspectos relativos a la formulación de políticas ambientales, procesos e instrumentos de planificación (Plan de Acción Ambiental, Plan de Ordenamiento Territorial y Cuentas Patrimoniales), normas, procedimientos y regulaciones jurídicas administrativas (Evaluación de Impacto Ambiental {EIA}, Manifiesto Ambiental {MA}, Auditorías

Ambientales {AA}, licencias y permisos ambientales).

El Reglamento de Prevención y Control Ambiental establece el proceso para la concesión de permisos ambientales, estableciendo una clara distinción entre las actividades nuevas (prevención, evaluación de impacto ambiental) y las existentes

(monitoreo, control y auditorías ambientales). Específica que para poner en ejecución cualquier proyecto, público o privado, obra de construcción o actividad a iniciarse, es necesario realizar de forma previa, un análisis ambiental, a menos que sea improbable es necesario para cualquier proyecto, público o privado, obra de construcción o actividad, a iniciarse, a menos que sea improbable que ocasione impactos ambientales adversos significativos.

- El Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica establece el ámbito de aplicación, el marco institucional correspondiente y los procedimientos para la evaluación y control de la calidad del aire. Determina límites permisibles tanto para la calidad del aire, como para emisiones provenientes de fuentes fijas (por ejemplo, establecimientos industriales) y fuentes móviles (por ejemplo, emisiones vehiculares).
- El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica regula la calidad y protección de los recursos hídricos, fijando parámetros de clasificación de la calidad del agua y determinando límites permisibles para las descargas líquidas. Establece el marco institucional a nivel nacional, departamental, municipal, sectorial e institucional.
- El Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas determina el ámbito de aplicación y el marco institucional para la generación, optimización, reciclaje, colección, transporte, almacenamiento, tratamiento y confinamiento de sustancias peligrosas. Establece los procedimientos técnico administrativo para el registro y obtención de la licencia para el manejo y generación de sustancias peligrosas.
- El Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos regula las actividades relacionadas con la generación, barrido, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, de acuerdo a sus características, a fin de proteger la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente.

Al no existir un Reglamento específico para la ejecución de obras de infraestructura en el sector transporte, la aplicación de la Ley de Medio Ambiente, el Reglamento General de Gestión Ambiental y el Reglamento de Prevención y Control Ambiental en lo que concierne a infraestructura carreteras, se presentan dos clases de situaciones; la primera, referida a los casos de nuevos proyectos de inversión, y la segunda, correspondiente

A las carreteras en actual funcionamiento, que requieren inversiones para mejoramiento, ampliación o sólo de mantenimiento. En el primer caso se aplica el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SNEIA) y en el segundo el Sistema Nacional de Control de Calidad Ambiental (SNCCA).

### **2.2.2 LÍMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AIRE**

Emitido bajo el D.S. N° 28139 por el Sr. Carlos D. Mesa Gisbert Presidente Constitucional de la República de Bolivia, bajo los siguientes articulados:

#### **DECRETA:**

**ARTÍCULO 1.- (OBJETO).** El presente Decreto Supremo tiene por objeto efectuar modificaciones y aclaraciones en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica aprobado por el Decreto Supremo N° 24176 de 8 de diciembre de 1995.

#### **ARTÍCULO 2.- (REEMPLAZO).**

**I.** Se reemplaza el contenido del Anexo 5 Límites Permisibles Iniciales Base de Emisión para Fuentes Móviles del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica aprobado mediante el Decreto Supremo N° 24176, por la Norma Boliviana NB 62002 del IBNORCA, anexa al presente Decreto Supremo.

**II.** En lo referido a vehículos de 2 tiempos (motocicletas), se mantiene vigentes las tablas 5 y 6 de Anexo 5 del Decreto Supremo N° 24176.

**ARTÍCULO 3.- (ACLARACIÓN).** Se aclara que para fines de aplicación del Anexo 5 el término de “vehículos usados” comprende también a “vehículos antiguos”, tal como se establecía en el Decreto Supremo N° 24176.

**ARTÍCULO 4.- (REVISIONES).** La revisión, complementación y modificación del presente Reglamento será realizada mediante Resolución Multimministerial, emitida por los Ministerios de Hacienda, Desarrollo Económico, Desarrollo Sostenible, Servicios y Obras Públicas e Hidrocarburos.

Los Señores Ministros de Estado en los Despachos de Hacienda, Desarrollo Económico, Desarrollo Sostenible, Servicios y Obras Públicas e, Hidrocarburos quedan encargados de la ejecución y cumplimiento del presente Decreto Supremo.

Es dado en el Palacio de Gobierno de la ciudad de La Paz, a los diecisiete días del mes de mayo del año dos mil cinco.

**ANEXO AL D. S. No. 28139**

## **NORMA BOLIVIANA NB 62002: LÍMITES PERMISIBLES DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES**

### **5. CLASIFICACIÓN DE FUENTES MÓVILES**

#### **5.1 Sustancias contaminantes**

Las fuentes móviles de acuerdo a las sustancias contaminantes se clasifican de la siguiente manera:

##### **5.1.3 Por parámetro de control**

Según el tipo de combustible que se utiliza, los parámetros de control para cada caso, serán los siguientes:

#### **1. Diésel**

- Opacidad (flujo parcial)

#### **2. Gasolina**

- Hidrocarburos totales (HC)
- Monóxido de carbono (CO)

### 3. GNV

- Hidrocarburos totales (HC)
- Monóxido de carbono (CO)

### 4. Otros

- Combustibles (tipo diésel), motor encendido por compresión
  - Opacidad
- Combustibles (tipo gasolina), motor encendido por chispa
  - Hidrocarburos totales
  - Monóxido de carbono

## 6. LÍMITES PERMISIBLES PARA VEHÍCULOS USADOS SUJETOS A IMPORTACIÓN Y VEHÍCULOS EN CIRCULACIÓN

### 6.1.2.1 Para vehículos a diésel y afines

*CUADRO N° 8 Límites máximos permisibles para vehículos a diésel*

VEHÍCULOS A DIESEL		
Altura sobre nivel del mar (msnm)	Opacidad: $k(m^{-1})$	Opacidad en %
0 - 1500	2,44	65
1500 - 3000	2,80	70
3000 - 4500	3,22	75

Fuente: Norma Boliviana NB 62002



## **NOTA**

Las referencias utilizadas para la elaboración de la tabla 3 se detallan: [1], [3], [4], [6] y [7]

## **CONSIDERACIONES GENERALES**

Los límites permisibles considerados en la presente norma están sujetos a revisión periódica de acuerdo a la información generada por las instancias correspondientes.

## **SUSCRIPCIÓN OBLIGATORIA**

### **DECRETO SUPREMO N° 690**

**03 DE NOVIEMBRE DE 2010.-** Dispone la suscripción obligatoria, sin excepción alguna, de todas las entidades del sector público que conforman la estructura organizativa del Organismo Ejecutivo, así como de entidades y empresas públicas que se encuentran bajo su dependencia o tuición, a la Gaceta Oficial de Bolivia, dependiente del Ministerio de la Presidencia, para la obtención física de Leyes, Decretos y Resoluciones Supremas.

## **2.2.3 LÍMITES PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO**

### **ANEXO 6**

#### **LÍMITES PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO \***

La unidad práctica de medición del nivel de ruido es el decibel, conocido como dB. Esta unidad es igual a 20 veces el logaritmo decimal del cociente de la presión de sonido ejercida por un sonido medido, y la presión de sonido de un sonido standard (equivalente a 20 micropascales).

El decibel (A), conocido como dB(A), es el decibel medido en una banda de sonido audible, aplicable a seres humanos.

## **1. LÍMITES PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO PROVENIENTE DE FUENTES FIJAS**

El límite máximo permisible de emisión de ruido en fuentes fijas es de 68 dB (A) de las seis a las veintidós horas, y de 65 dB (A) de las veintidós a las seis horas. Estos valores deben ser medidos en forma continua o semicontinua en las colindancias del predio, durante un lapso no menor de quince minutos.

Asimismo, se debe considerar un límite máximo permisible de emisión de ruido de 115 dB (A) más o menos 3 dB (A) durante un lapso no mayor a quince minutos y un valor de 140 dB (A) durante un lapso no mayor de un segundo.

Las fuentes fijas que se localicen en las áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso, no deben rebasar el límite máximo permisible de emisión de ruido de 55 dB(A).

La instalación de aparatos amplificadores de sonido y otros dispositivos similares en la vía pública, será autorizada únicamente por la autoridad competente, cuando el ruido no exceda un nivel de 75 dB(A).

Para la construcción de aeropuertos, aeródromos y helipuertos públicos y privados, las autoridades competentes deben tener en cuenta la opinión de la Secretaría Nacional de Salud.

\* NOTA. Los valores de este Anexo permiten una variación de hasta + 10%

## **2. LÍMITES PERMISIBLES DE EMISIÓN DE RUIDO PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES.**

El límite máximo permisible de emisión de ruido en fuentes móviles se aplicará de acuerdo al siguiente cuadro

**CUADRO N° 9 límites máximos permisibles de emisión de ruido en fuentes móviles**

<b>PESO BRUTO DE VEHÍCULO</b>	<b>Hasta 3,000 Kg.</b>	<b>De 3.000 a 10.000</b>	<b>Mayor a 10,000 Kg.</b>
<b>Límite máximo permisible en dB (A)</b>	79	81	84

Fuente: Norma Boliviana NB 62002

- Estos valores deben ser medidos a 15 metros de distancia de la fuente.
- Para equipos pesados, motocicletas, triciclos y cuadríciclos motorizados, el límite máximo permisible de la emisión de ruido es de 84 dB (A) y debe ser medido a 7.5 metros de distancia de la fuente

**2.2.4 LÍMITES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARAMETROS EN CUERPOS RECEPTORES**

**CAPÍTULO III**

**DE LA CLASIFICACION DE CUERPOS DE AGUAS**

**ARTÍCULO 4º** La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en el Cuadro N° 1 - Anexo A del presente reglamento, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por el MDSMA.

Para ello, las instancias ambientales dependientes del prefecto deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de

dicha clasificación. Esta documentación contendrá como mínimo: Análisis de aguas del curso receptor a ser clasificado, que incluya al menos los parámetros básicos, fotografías que documenten el uso actual del cuerpo receptor, investigación de las condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas, condiciones biológicas, estudio de las fuentes contaminantes actuales y la probable evolución en el futuro en cuanto a la cantidad y calidad de las descargas.

Esta clasificación general de cuerpos de agua; en relación con su aptitud de uso, obedece a los siguientes lineamientos:

**CLASE “A”** Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

**CLASE “B”** Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

**CLASE “C”** Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

**CLASE “D”** Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento fisicoquímico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

En caso de que la clasificación de un cuerpo de agua afecte la viabilidad económica de un establecimiento, el Representante Legal de éste podrá apelar dicha clasificación ante la autoridad ambiental competente, previa presentación del respectivo análisis costo - beneficio.

**ARTÍCULO 5º** Los límites máximos de parámetros permitidos en cuerpos de agua que se pueda utilizar como cuerpos receptores, son los indicados en el Cuadro N° A-I del Anexo A de este Reglamento.

**ARTÍCULO 6º** Se considera como PARAMETROS BÁSICOS, los siguientes: DBO5; DQO; Colifecales NMP; Oxígeno Disuelto; Arsénico Total; Cadmio; Cianuros; Cromo Hexavalente; Fosfato Total; Mercurio; Plomo; Aldrín; Clordano; Dieldrín; DDT; Endrín; Malatión; Paratión.

**ARTÍCULO 7º** En la clasificación de los cuerpos de agua se permitirá que hasta veinte de los parámetros especificados en el Cuadro N° A-1 superen los valores máximos admisibles indicados para la clase de agua que corresponda asignar al cuerpo, con las siguientes limitaciones:

1º Ninguno de los veinte parámetros puede pertenecer a los PARÁMETROS BÁSICOS del Art. 6º.

2º El exceso no debe superar el 50% del valor máximo admisible del parámetro.

## **ANEXO A**

### **LÍMITES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS RECEPTORES**

#### **ARTÍCULO 1º.**

Los límites de calidad de las Clases A, B, C y D de cuerpos receptores en las que se han clasificado los cuerpos de agua se presentan en el Cuadro N° A -1.

#### **ARTÍCULO 2º.**

Las muestras para control de las descargas de las industrias deberán ser tomadas a la salida de las plantas de tratamiento, inmediatamente después del aforador de descargas, y las destinadas al control de la dilución en el cuerpo receptor, a una distancia entre 50 y 100 m del punto de descarga y dentro del cuerpo receptor.

**CUADRO N° 10 CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA SEGÚN SU APTITUD DE USO**

N°	USOS	CLASE “A”	CLASE “B”	CLASE “C”	CLASE “D”
1	Para abastecimiento doméstico de aguas potable después de:  a) Sólo una desinfección y ningún tratamiento	SI	NO	NO	NO
	b) Tratamiento solamente físico y desinfección	No necesario	SI	NO	NO
	c) Tratamiento físico – químico completo; coagulación, floculación, filtración y desinfección	No necesario	No necesario	SI	NO
	d) Almacenamiento prolongado o pre – sedimentación; seguidos de tratamiento, al igual que c)	No necesario	No necesario	No necesario	SI
2	Para recreación de contacto primario; natación, esquí, inmersión.	SI	SI	SI	NO

<b>N°</b>	<b>USOS</b>	<b>CLASE “A”</b>	<b>CLASE “B”</b>	<b>CLASE “C”</b>	<b>CLASE “D”</b>
<b>3</b>	Para protección de los recursos hidrobiológicos	SI	SI	SI	NO
<b>4</b>	Para riego de hortalizas consumidas crudas y fruta de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remisión de ella	SI	SI	NO	NO
<b>5</b>	Para abastecimiento industrial	SI	SI	SI	SI
<b>6</b>	Para la cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana	SI	SI	SI	NO
<b>7</b>	Para abrevadero de animales	NO (*)	SI	SI	NO
<b>8</b>	Para la navegación (***)	NO (**)	SI	SI	SI

(SI) Es aplicable, puede tener todos los usos indicados en las clases correspondientes

(\*) No en represas usadas para abastecimiento de agua potable

**CUADRO N° 8 A -1 VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS RECEPTORES**

N°	PARAMETRO	UNID	CANCE/ RIGEN	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
1	pH.		No	6.0a 8.5	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0
2	Temperatura	°C		+3°C c. Recetor	+3°C c. Recetor	+3°C c. Recetor	+3°C c. Recetor
3	Solidos Disueltos Totales	mg/l		1000	1000	1500	1500
4	Aceites y Grasas	mg/l	No	Ausentes	Ausentes	0,3	1
5	DBO5	mg/l	No	< 2	< 5	< 20	< 30
6	DQO	mg/l	No	< 5	< 10	< 40	< 60
7	NMP Colifecales	N/100 ml	No	< 50 <5 en 80% de muestras	< 1000 <200 en 80% de muestras	< 5000 <1000 en 80% de muestras	< 50000 <1000 en 80% de muestras
8	Parásitos	N/l		< 1	< 1	< 1	< 1
9	Color mg	mg/l	No	< 10	< 50	< 100	< 200
10	Oxígeno Disuelto	mg/l	No	>80% sat.	>70% sat.	>60% sat.	>50% Sat.



N°	PARAMETRO	UNID	CANCE/ RIGEN	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
11	Turbidez	UNT	No	< 10	< 50	< 100	< 200
12	Solidos Sedimenta- bles	mg/l- mg/l	No	< 10	< 30	< 50	< 100
13	Aluminio	mg/l	No	0,2 c.Al	0,5 c.Al	1,0 c.Al	1,0 c.Al
14	Amoniaco	mg/l	No	0,05 c. NH	1,0 c. NH	2 c. NH	4 c. NH
15	Antimonio	mg/l	No	0,01 c. Sb	0,01 c. Sb	0,01 c. Sb	0,01 c. Sb
16	Arsénico Total	mg/l	Si	0,05 c.As	0,05 c.As	0,05 c. As	0,1 c. As
21	Calcio	mg/l	No	200	300	300	300
22	Cadmio	mg/l	No	0,005	0,005	0,005	0,005
24	Cloruros	mg/l	No	250 c. Cl	300 c. Cl	400 c. Cl	500 c. Cl
25	Cobre	mg/l	No	0,05c. Cl	1,0 c. Cl	1,0 c. Cl	1,0 c. Cl
26	Cobalto	mg/l		0,1 c. Co	0,2 c. Co	0,2 c. Co	0,2 c. Co

Fuente: Reglamento de Contaminación hídrica Anexo A

## **2.2.5 ESPECIFICACIONES AMBIENTALES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS**

El taller de mantenimiento y patio de estacionamiento de equipos y maquinarias suelen estar dentro las instalaciones de los campamentos, sean estos temporales o permanentes. Sin embargo, la operación de los equipos y maquinarias se da a lo largo de todo el proyecto, por este motivo se ha destinado un capítulo del manual para establecer los impactos de los mismos y las especificaciones ambientales que deben ser cumplidas por la empresa contratista o las subcontratistas.

Como parte de las instalaciones del contratista, en patio de estacionamiento o taller de mantenimiento requerirá la remoción de la vegetación y la exposición de los suelos a posibles derrames de combustibles, aceites u otros contaminantes. Estos últimos podrán ser arrastrados por la escorrentía superficial hasta los cursos naturales de agua.

La circulación de la maquinaria producirá fenómenos de compactación del suelo que pueden afectar la potencialidad de uso del mismo y generar turbidez en los cursos de agua si el badeo frecuente es permitido, alterando los procesos biológicos que en ellos suceden.

La emisión de contaminantes atmosféricos, la generación de polvo, las emisiones de ruido asociadas con la operación de la maquinaria constituyen otro problema que impacta la calidad del aire y de vida de los habitantes de la zona, entre los que hay que incluir a los trabajadores del proyecto.

Así, durante la operación y mantenimiento de equipos y maquinarias se presentan diversas formas de afectación sobre el medio ambiente, que van desde contaminación hasta alteración de la vegetación y fauna local.

### **2.2.5.1 OBJETIVOS DE LAS ESPECIFICACIONES AMBIENTALES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS**

- Evitar los impactos ambientales ocasionados por la operación y mantenimiento de equipos y maquinarias durante el proceso constructivo, reduciendo la

contaminación del aire, el suelo, el agua y el grado de perturbación de los elementos bióticos.

- Reducir el impacto provocado por el ruido de la operación de los equipos y maquinarias sobre las poblaciones cercanas al área del proyecto y sobre los trabajadores.

#### **2.2.5.2 ESPECIFICACIONES AMBIENTALES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS DIRIGIDAS A LA EMPRESA SUPERVISORA**

La empresa supervisora deberá velar por el cumplimiento de las medidas de mitigación identificadas en el EEIA y de las especificaciones contenidas en este capítulo.

La supervisión debe aprobar la ubicación y emplazamiento de los depósitos de combustibles, las instalaciones asociadas al mantenimiento, operación o estacionamiento de los equipos y maquinarias.

Los talleres de mantenimiento de equipo y maquinaria deben estar convenientemente dispuestos para mantener el orden y la limpieza, contar un sistema de gestión de residuos sólidos y líquidos.

Los talleres de mantenimiento deben contar con trampas de grasas especialmente diseñadas y adecuadamente mantenidas. Los residuos de aceites o hidrocarburos provenientes del mantenimiento, lavado y fumigado del equipo y maquinaria, no se eliminarán sobre los cursos de agua naturales, sino deberán ser depositados en turriles metálicos para ser reciclados. El supervisor deberá establecer la periodicidad de la limpieza de las trampas de grasas.

No debe permitirse la quema de aceites o residuos de líquidos inflamables procedentes del mantenimiento de maquinarias.

Cuando las labores constructivas finalicen, se debe verificar la limpieza general y la restitución, en medida de lo posible, de las condiciones originales de los terrenos afectados.

### **2.2.5.3 ESPECIFICACIONES AMBIENTALES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS DIRIGIDAS A LA EMPRESA CONSTRUCTORA**

Toda tarea de mantenimiento de equipos y maquinarias debe efectuarse en la planta de mantenimiento del campamento principal. Cuando sea indispensable la reparación de los equipos fuera de los talleres y/o en los sitios de trabajo, será necesario contar envases para el manejo de los hidrocarburos o líquidos corrosivos, evitando el derrame de estas sustancias. Cuando esto suceda se debe limpiar convenientemente el suelo afectado y acarrear los desperdicios a lugares destinados para este efecto. No se permitirá, bajo ningún concepto, la limpieza de equipos y maquinarias en los cursos naturales de agua.

Los talleres de mantenimiento deben ubicarse a una distancia mayor a 100 m de cualquier curso de agua y a por lo menos 50 m del área de dormitorios, comedores u oficinas. Se debe prohibir fumar a una distancia menor a 25 m de los talleres (PCA, 1999).

Es conveniente impermeabilizar la superficie del suelo de los patios de estacionamiento para evitar la contaminación por goteo de combustible desde los equipos y maquinarias detenidos. Se debe mantener el buen estado de funcionamiento de toda la maquinaria, para evitar escapes de lubricantes o combustible que pueda afectar los suelos y los cursos de agua (INVIAS, 1996).

Los aceites procedentes del mantenimiento de maquinarias, deben ser recolectados para ser reciclados.

#### **2.2.5.3.1 CONTROL DE LA EMISIÓN DE RUIDOS**

De acuerdo con las recomendaciones de Berger (1998) y el Reglamento en Material de Contaminación Atmosférica de la Ley de Medio Ambiente (Bolivia, 1995), deben cumplirse las siguientes especificaciones:

- Los equipos y maquinarias deberán estar dotados de silenciadores en buenas condiciones de funcionamiento.

- Los obreros que operen la maquinaria (fuente fija) deberán contar con protectores auditivos, de forma de no recibir ruidos mayores a 68 dB. Por lapsos menores a 15 minutos el límite máximo permisible es 115 dB.
- La movilización de la maquinaria pesadas dentro de los campamentos o en lugares habitados, deberá realizarse en horarios diurnos que respeten las horas de sueño (8:00 a.m. a 6:00 p.m.). En lugares donde no existan habitantes se podrá establecer otros horarios.
- Toda fuente de ruido mayor a 80 dB debe estar a no menos de 150 m de distancia de los asentamientos humanos.
- Cuando se requiere utilizar temporalmente una maquinaria que genere un ruido mayor a los 80 dB, se deberá informar a la población afectada con una semana de anticipación indicando el tiempo de trabajo, los problemas auditivos derivado de la exposición prolongada a este ruido. Dependiendo el tiempo que dure la actividad generadora de ruido en áreas pobladas, se deberá coordinar con las autoridades locales la suspensión temporal de las clases escolares y se evitará la exposición de los habitantes en un radio de 100m de la fuente emisora.

#### **2.2.5.3.2 CONTROL DE LA EMISIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN**

Para la reducción de la emisión de gases de combustión de equipos y maquinarias se presentan las siguientes especificaciones basadas en la legislación boliviana y las recomendaciones de INVIAS (1996):

- De acuerdo el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica de la Ley de Medio Ambiente (Bolivia, 1995b) los vehículos en circulación no deben emitir contaminantes atmosféricos en cantidades que excedan los límites permisibles.
- Los equipos y maquinarias deberán estar dotados de inhibidores de gases. Los equipos con motores de combustión interna que trabajan en ambientes subterráneos tales como túneles, obligatoriamente deben estar equipados convertidores catalíticos.

- Se debe evitar cualquier emisión innecesaria de gases de combustión, tal como la generada al dejar la maquinaria encendida después de concluido el trabajo.
- Se debe realizar un control continuo de los motores para garantizar su buen funcionamiento y que la tasa de producción de potencia versus emisión de gases de combustión esté dentro del rango óptimo. Además de considerar la perfecta combustión de los motores, se debe revisar el ajuste de los componentes mecánicos, el balanceo y la calibración de las llantas, puesto que el inadecuado balanceo de las llantas y la mala calibración de la presión, incrementan el consumo de combustible.
- De acuerdo con el Artículo 67 del Reglamento del Código del Tránsito (Bolivia, 1978) los vehículos con motor a diésel deberán tener el escape acondicionado en tal forma que el tubo sobresalga de la carrocería o techo del vehículo permitiendo la salida del gas verticalmente.

#### **2.2.5.3.3 CONTROL DE LA EMISIÓN DE POLVO**

- Durante la circulación y operación de la maquinaria pesada se debe regar la superficie transitada u ocupada para evitar la generación de polvo. Para ello se utilizarán cisternas con dispositivos de riego inferior. El riego deberá realizarse tantas veces como sea necesario durante el día. Esta medida será rigurosamente cumplida en la proximidad a lugares poblados.
- Los trabajadores deben estar provistos por protectores nasales con filtros adecuados para reducir su inhalación de polvo.
- En lugares habitados se dispondrá de cortinas de yute para proteger las viviendas que se encuentren muy próximas a la fuente de generación de polvo.
- Se debe reglamentar la velocidad de las volquetas y maquinarias para disminuir las emisiones de polvo al transitar por vías no pavimentadas, disminuir los riesgos de accidentes y de atropellos.

#### **2.2.5.3.4 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES**

De acuerdo a las recomendaciones de PCA (1999) el lugar de almacenamiento de combustibles y lubricantes destinados a los equipos y maquinarias debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Contar con señalización que prohíbe fumar a menos de 25 m de distancia de los lugares de almacenamiento de combustible.
- Estar ubicado a por lo menos 100 m de distancia de las fuentes de agua.
- El combustible debe ser almacenado adecuadamente en tambores, contenedores, recipientes o tanques, cuya estructura sea compatible con el contenido a ser almacenado.
- En el área se establecerá un sistema de entarimado o muros cortafuego (diques).
- La superficie deberá estar cubierta con una membrana impermeable, capaz de contener cualquier derrame y evitar la contaminación del agua o suelo.
- El lugar tendrá una capacidad que permita retener el 110% del volumen de combustible almacenado.
- Los tambores deben estar ubicados por encima de la superficie del suelo.
- La instalación debe estar en un lugar que no sea susceptible de sufrir inundaciones.
- Contar con trampas de grasas a la salida de los sectores de almacenamiento de combustible.

Adicionalmente, los procedimientos de cargas y descargas de combustibles y lubricantes, así como su manipuleo serán establecidos por el contratista y se asignará personal especialmente capacitado.

El contratista debe contar con sistemas de prevención de accidentes por el almacenamiento y manipuleo del combustible y disponer de equipos contra incendios y herramientas, materiales absorbentes, palas y bolsas plásticas para limpiar cualquier derrame accidental de los hidrocarburos.

### **2.2.5.3.5 OPERACIÓN DE EQUIPO Y MAQUINARIA PESADA**

Los equipos destinados de transporte de carga deben cumplir lo establecido en el Título 11, Capítulo XII del Reglamento del Código del Tránsito (Bolivia, 1978) y en Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (Bolivia, 1 995a) de la Ley de Medio Ambiente, de acuerdo con estas disposiciones:

- El peso de la carga no será superior a la capacidad del vehículo según su fabricación y el volumen no excederá de las medidas establecidas en Reglamento del Código del Tránsito.
- Las cargas generales no podrán sobresalir de las partes más salientes (carrocerías, guardabarros o punta de eje) del vehículo en que sean transportadas.
- Los vehículos destinados al transporte de arena, ripio, tierra, cascajo, materiales de construcción, ya sean líquidos o sólidos, serán construidos de tal forma que la carga no se derrame sobre la vía.
- Los conductores de vehículos que transportan materiales explosivos o inflamables observarán estrictamente las siguientes reglas:
  - Circular a una velocidad prudencial.
  - Llevarán durante el día dos banderolas de color rojo de 25 x 40 centímetros colocadas en lugar visible de la parte delantera y trasera del vehículo. Durante la noche llevarán luz roja indicadora del peligro y que sea visible a una distancia prudencial.
  - Colocarán una conexión eléctrica entre la armazón metálica del vehículo y la tierra, consistente en una cadena que arrastre por el suelo sin perder contacto.
  - Llevarán dos letreros con las palabras "PELIGRO EXPLOSIVOS", colocados en lugar visible de la parte trasera y delantera del vehículo.
  - Si estos materiales se transportan en varios vehículos y estos van en convoy o caravana, guardarán entre sí una distancia de por lo menos 50 metros.



- Es prohibido al conductor o acompañante, fumar en, sobre o cerca del vehículo cargado con materiales explosivos o inflamables.
  - Es estrictamente prohibido llevar pasajeros u otros materiales inflamables en el mismo vehículo. Los vehículos que transporten explosivos no podrán llevar fulminantes.
  - Circularán a velocidades prudenciales, no estacionarán en los lugares poblados salvo casos de fuerza mayor.
- El transporte de petróleo, diésel, gasolina u otros derivados, se hará en camiones cisternas especialmente contruidos para este fin. Estos vehículos observarán y cumplirán las mismas reglas establecidas para el transporte de materiales explosivos o inflamables.
  - La maquinaria que transporten sustancias peligrosas debe contar con el Manifiesto de Transporte.

Respecto a la operación del equipo y maquinaria es necesario puntualizar las siguientes especificaciones ambientales (INVIAS, 1996):

- Se debe elaborar manuales para la operación segura de los diferentes equipos y maquinarias usados por el contratista.
- Los operadores deben estar capacitados en el manejo de los equipos y medidas de seguridad industrial.
- Todo equipo debe tener en un lugar visible su capacidad de carga, la velocidad de operación recomendada y advertencia de peligro.
- Todo equipo para levantar carga deberá estar en buenas condiciones, indicar su carga máxima, la cual no debe ser sobrepasada y realizar maniobras cumpliendo las normas de seguridad industrial.
- Los equipos pesados de carga y descarga deben contar con alarmas acústicas y ópticas, para operaciones de reverso, en la cabina del operador sólo debe ir el conductor.
- Las operaciones de carga deben ser realizadas con el equipo detenido y con el freno de emergencia.

## 2.3 MARCO REFERENCIAL

### 2.3.1 EQUIPO MÍNIMO REQUERIDO PARA LA EJECUCIÓN DE OBRA

Para la ejecución de la obra, se debe garantizar la disponibilidad de los siguientes equipos:

**CUADRO N° 9 Equipo permanente y de acuerdo a requerimiento dentro de la obra**

PERMANENTE					
N	DESCRIPCIÓN	UNID	CAN	POTEN	CAPACID
1	Tractor Oruga	Equipo	4	≥ 200HP	
2	Compresora	Equipo	3	365P3/MI	
3	Excavadora De Orugas	Equipo	2	≥ 240HP	
4	Martillo De Perforación	Equipo	6		
5	Cargador Frontal	Equipo	3	≥ 160 HP	
6	Compactador Vibratorio	Equipo	3	≥ 130HP	
7	Compactador Neumático	Equipo	2	≥ 90HP	
8	Motoniveladora	Equipo	3	≥ 160HP	
9	Volqueta (*)	Equipo	15		≥ 10 M3
10	Camión Cisterna (*)	Equipo	4		≥ 10000Ltrs
11	Camión De Estacas Y/O Servicio	Equipo	2		≥ 4 Ton
12	Laboratorio De Suelos Y Hormigones	Glb	1		

**PERMANENTE**

13	Equipo Completo De Topografía	Glb	1		
14	Hormigonera	Equipo	8		≥ 350 Ltrs
15	Vibrador De Inmersión	Equipo	8	4HP	
16	Pata De Cabra	Equipo	2	≥ 130HP	
17	Tractor Agrícola	Equipo	2	40HP	
18	Planta Clasificadora De Áridos	Equipo	2	40HP	

**DE ACUERDO A REQUERIMIENTO**

N	DESCRIPCIÓN	UNID	CAN	POTENC	CAPACID
19	Planta De Asfalto	Equipo	1		≥ 50 Ton/Hr
20	Terminadora De Asfalto	Equipo	1		≥ 100 Ton/Hr
21	Distribuidor De Asfalto	Equipo	1		≥ 5000 Ltrs
22	Escoba Mecánica	Equipo	1		
23	Planta De Producción De Agregados	Equipo	1		≥ 100 m3/Hr
	Tractor Oruga	Equipo	1	≥ 200HP	
25	Excavadora De Orugas	Equipo	2	≥ 130HP	
26	Cargador Frontal	Equipo	1	≥ 160HP	
27	Compactador Vibratorio	Equipo	1	≥ 130HP	

DE ACUERDO A REQUERIMIENTO					
28	Compactador Neumático	Equipo	1	≥ 90HP	
29	Motoniveladora	Equipo	1	≥ 160HP	
30	Volqueta (*)	Equipo	10		≥ 10 M3
31	Camión Cisterna (*)	Equipo	1		≥ 10000Ltrs
32	Camión De Estacas Y/O Servicio	Equipo	2		≥ 4 Ton
33	Equipo De Tesado Completo (Gato Y Bomba)	Equipo	1		
34	Equipo De Inyección	Equipo	1		
35	Lanzado De Vigas Prefabricadas	Equipo	1		
36	Camión Mixer	Equipo	2	8 M3	
37	Laboratorio De Asfalto	Glb	1		
El equipo a requerimiento es aquel necesario para la ejecución de alguna actividad específica; por lo que no se requiere su permanencia y disponibilidad permanente en la obra.					

Fuente: Documento Base de Contratación SEDECA LPI 005/2015

### 2.3.2 VOLÚMENES DE OBRA

A continuación se muestran los volúmenes de obra en las principales actividades donde se hace más uso de maquinaria pesada los mismo que serán empleados en la **CONSTRUCCIÓN DE CAMINO PUERTA DEL CHACO - CANALETAS KM. 9+504.60 A 24+840.60**

**CUADRO N° 10 volúmenes de Obra contemplados en las primeras etapas del proyecto**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
<b>1.</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
<b>1</b>	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1.00
<b>2</b>	INSTLACIÓN DE FAENAS	GLB	1.00
<b>3</b>	REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	KM	15.34
<b>4</b>	LIMPIEZA, DESBROCE, DESBOSQUE Y DESTRONQUE	HA	31.36
	<b>SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES</b>		
<b>2.</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
<b>5</b>	EXCAVACIÓN SIN EXPLOSIVOS D<=300 M	M3	875,159.90
<b>6</b>	EXCAVACIÓN EN ROCA C/EXPLOSIVOS D<=300 M	M3	453,284.27
<b>7</b>	CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN	M3	361,622.70
<b>8</b>	REMOCIÓN DE DERRUMBES	M3	65,151.42
<b>9</b>	SOBREACARREO	M3K	450,913.68
	<b>SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		

3.	<b>PAVIMENTO</b>		
<b>10</b>	PROV. Y CONFOR SUB RASANTE MEJORADA Y TRANSPORTE	M3	11,016.92
<b>11</b>	PROV. Y CONFOR CAPA SUBBASE	M3	51,443.58
<b>12</b>	PROV. Y CONFORM. CAPA BASE	M3	37,203.66
<b>13</b>	TRANSPORTE DE CAPA BASE Y SUBBASE	M3K	767,731.00
<b>14</b>	IMPRIMACIÓN BITUMINOSA (EJEC. Y SUMINIS.)	M2	170,000.84
<b>15</b>	CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO (SUMIS, EJEC. Y TRANS.)	M3	8,924.79
	<b>SUBTOTAL PAVIMENTO</b>		

Fuente: Documento Base de Contratación SEDECA LPI 005/2015

## **2.4 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.4.1 MAQUINARIA PESADA**

Son los distintos equipos utilizados en la construcción de carreteras tales como palas cargadoras, camiones, hormigoneras, retroexcavadora, motoniveladora, etc.

### **2.4.2 EFECTO AMBIENTAL**

Existencia en el ambiente de contaminantes o agentes tóxicos o infecciosos que entorpecen o perjudican la vida, la salud y el bienestar del hombre, la fauna y la flora; que degradan la calidad del ambiente y en general, el equilibrio ecológico y los bienes particulares y públicos.

### **2.4.3 CALIDAD DEL AIRE**

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

### **2.4.4 DECIBEL**

La unidad práctica de medición del nivel de ruido es el decibel, conocido como dB, esta unidad es igual a 20 veces el logaritmo decimal del cociente de la presión de sonido ejercida por un sonido medio, y la presión de sonido de un sonido estándar equivalente a 20 micropascales.

### **2.4.5 FUENTE**

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

### **2.4.6 FUENTE MÓVIL**

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

#### **2.4.7 LÍMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DE AIRE**

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

#### **2.4.8 LÍMITES PERMISIBLES DE EMISIÓN**

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

#### **2.4.9 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

#### **2.4.10 RUIDO**

Todo sonido indeseable que moleste, perjudique afecte a la salud de personas o que tengan efectos dañinos en los seres vivos.

#### **2.4.11 CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO**

Materia o energía en cualquiera de sus formas y/o estados físicos, que al interrelacionarse en o con la atmosfera, alterare o modifique la composición o estado natural de esta.

#### **2.4.12 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

Presencia en la atmosfera 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.

#### **2.4.13 OPACIDAD**

Propiedad por la cual un material impide parcial o totalmente, el paso de un haz de luz. Se expresa en términos de la intensidad de luz obstruida.



## CAPÍTULO III “RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN”

### 3. ANTECEDENTES

El presente trabajo titulado “Efecto en el medio ambiente por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras” tendrá como lugar de aplicación el tramo en construcción denominando “**Construcción camino Puerta del Chaco- Canaletas Km 9+504,60 a 24 +840,60**”, mismo que está siendo ejecutado por el Gobierno Departamental de Tarija a través del Servicio Departamental de Caminos (SEDECA), mediante administración directa.

#### 3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

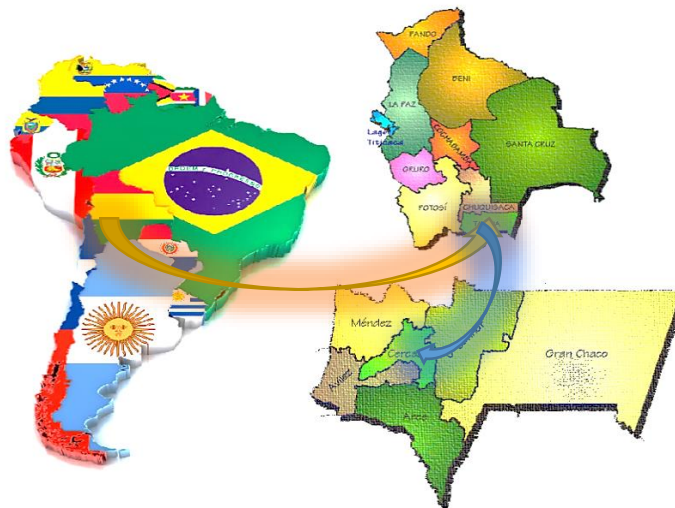
El tramo en construcción camino Puerta del Chaco- Canaletas Km 9+504.60 a 24+840,60, se encuentra en el departamento de Tarija, provincia Cercado y O’Connor a una distancia de 34 Km de la ciudad de Tarija camino Tarija -Villamontes, entre las Coordenadas:

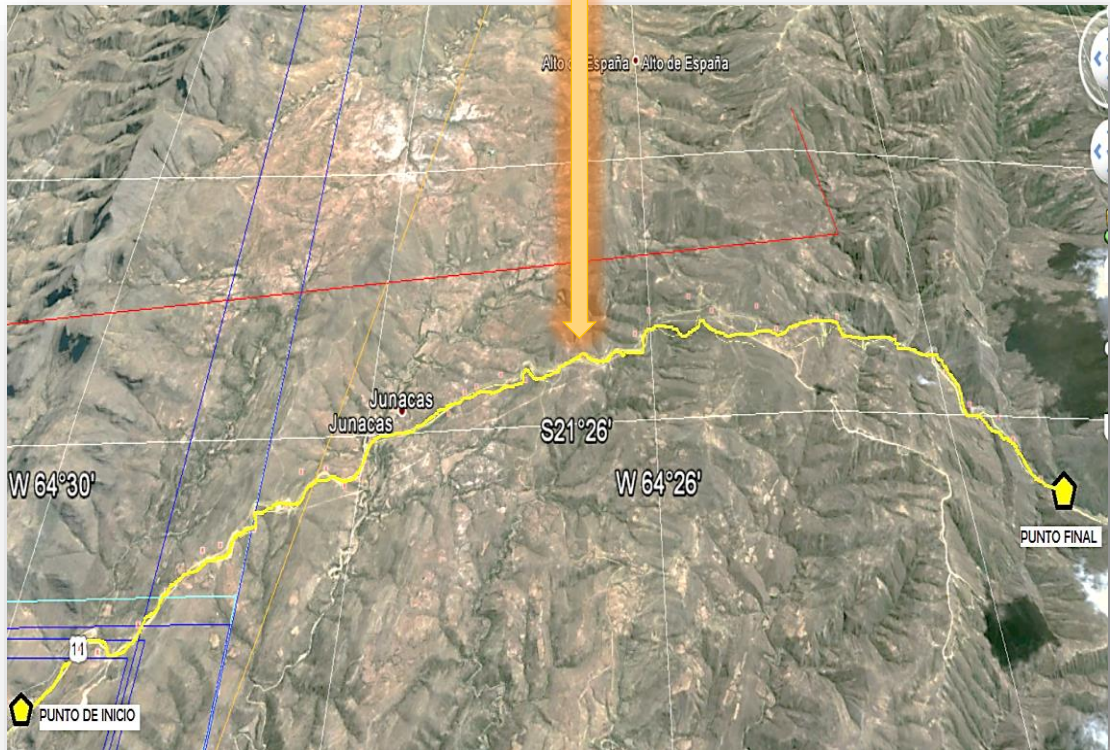
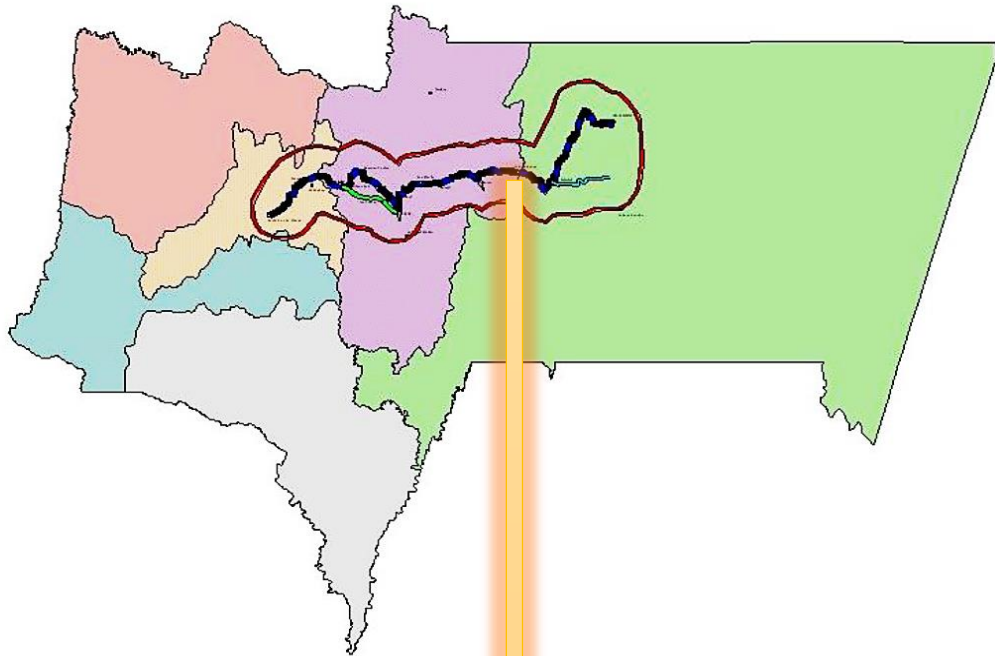
- **Punto Inicio:** Puente Jarcas progresiva Km 9+504,60

UTM: 344991 Este – 7626597 Norte 21° 27' 23.12" S – 64° 29' 45.46"W

- **Punto final:** Piedra Larga progresiva Km 24+840,60

UTM: 356075 Este – 7628565 Norte 21° 26' 22.46"S – 64° 23' 19.84." W





## **3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA**

El acceso a la zona del proyecto se realiza por carretera, que partiendo de la ciudad de Tarija, discurre por una carretera de la Red Departamental F11, del tramo Tarija-Matadero - Santa Ana La Nueva - Carlazo - hasta llegar al puente "Jarcas", ubicado a unos 36.6 km de la ciudad de Tarija.

A partir de este punto (después del Puente Jarcas) empieza el tramo en construcción, pasando por la comunidad de Junacas hasta la zona llamada "Piedra Larga", con unos 15.34 km. de longitud aproximadamente.

### **3.2.1 TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA.**

El tramo carretero pasa por las comunidades rurales de Jarcas, Junacas y Piedra Larga, Esta ruta está ubicada dentro de la Cordillera Oriental o Bloque Paleozoico, que corresponden al sector Sur, caracterizada por un paisaje representado por llanuras, colinas y pie de montes, con pendientes suaves a moderadas, entre los altos topográficos más representativos tenemos al cerro Morro Alto y la más sobresaliente El Abra "El Cóndor".

La red hidrográfica del proyecto pertenece a la cuenca del río Bermejo, Subsistema del Río Tarija, representada por el río Santa Ana, que sirve como nivel base transitorio a los ríos Jarcas, Junacas y varias quebradas; el río Salinas que sirve de nivel base transitorio al río Canaletas y quebradas de longitud pequeñas, el diseño de drenaje dominante en el área de influencia del proyecto es del tipo dendrítico.

Tiene una caracterización geomecánica de los macizos rocosos, se pudo observar la presencia de tres Sistemas Geológicos: Sistema Cuaternario, Sistema Devónico y Sistema Silúrico.

Los ríos y quebradas presentan caudal en tiempos de verano entre los meses de noviembre a abril, esto debido a que en esos meses se presenta registro de precipitaciones. Desde mayo a octubre estas quebradas no presentan caudal y si presentan el caudal es mínimo.

El tramo en toda su extensión se encuentra en la zona de Narvéez entre 2200 a 2400 msnm.

### **3.2.2 CLIMA.**

El proyecto se encuentra en el Sur de Bolivia, ubicada en la provincia Cercado y en la provincia OConnor del departamento de Tarija, en el Subsistema del río Tarija, en el interior de las subcuencas de Santa Ana y Salinas, el tramo en construcción atraviesa los afluentes al Río Junacas y los afluentes al Río Canaletas.

El área está dominada por el clima de estepa local. A lo largo del año, se dan pocas precipitaciones. El clima es clasificado como BSk (Semiárido Frio) por el Systema Köppen-Geiger.

### **3.2.3 TEMPERATURA**

Los datos de temperatura media mensual con los que se cuenta corresponden a la estación de Yesera Norte que tiene una altura de 2277 m.s.n.m. y proporciona como resultado una media anual de 15.00 °C.

### **3.2.4 PRECIPITACIÓN PLUVIAL.**

La precipitación media anual de la estación de Yesera Norte, es de 657 mm, sus datos mensuales se muestran en el cuadro a continuación:

***CUADRO N° 11 Precipitaciones Pluvial media mensual para la estación de Yesera Norte***

<b>Precipitación Pluvial Media Mensual (mm)</b>	
<b>ENE</b>	145,10
<b>FEB</b>	125,00
<b>MAR</b>	105,50
<b>ABR</b>	27,00

<b>Precipitación Pluvial Media Mensual (mm)</b>	
<b>MAY</b>	5,20
<b>JUN</b>	1,40
<b>JUL</b>	1,60
<b>AGO</b>	5,20
<b>SEP</b>	9,20
<b>OCT</b>	39,90
<b>NOV</b>	70,30
<b>DIC</b>	121,70

Fuente: Propuesta técnica Puerta al Chaco - Canaletas

### **3.2.5 HELADAS.**

En la zona del proyecto se presentan heladas, en los meses fríos del año con frecuencia (mayo a septiembre). Las temperaturas mínimas extremas registradas en la estación de Yesera Norte, son de  $-8.5^{\circ}\text{C}$  durante estos meses. Las variaciones durante los meses restantes es decir de septiembre a mayo, son de  $-4,0$  hasta la indicada de  $-8.5^{\circ}\text{C}$ .

### **3.3 MUESTREO DE EQUIPOS**

El proyecto en construcción Camino Puerta al Chaco Canaletas km 9+504.60 a 24+840.6 (15.34 km), se encuentra siendo ejecutado por la asociación accidental ANDALUZ que a su vez está constituida por dos empresas (ARCE LEMA SRL y INTECONS SRL).

El proyecto en construcción lleva aproximadamente 3 meses en ejecución encontrándose actualmente en la etapa de movimiento de tierras, teniendo un gran movimiento de maquinaria pesada las cuales se encuentran trabajando en dos frentes de trabajo.

Para realizar el muestreo de maquinaria pesada se procedió a hacer un recorrido general dentro de la maestranza, posteriormente en el campamento y finalmente en la obra donde después de seleccionar distintas maquinarias se tomó como muestra 15 maquinarias pesadas mismas que fueron seleccionadas utilizando la técnica de muestreo no probabilístico.

***FIGURA N° 16 Maquinaria pesada trabajando en el movimiento de tierras***



**CUADRO N° 12 Maquinaria pesada tomada como muestra**

<p style="text-align: center;"><b>PROYECTO CONSTRUCCIÓN CAMINO PUERTA DEL CHACO - CANALETAS KM 9+504.60 A 24+840.60</b></p> 					
N°	NR	MARCA	MODELO	AÑO	DESCRIPCIÓN
<b>EXCAVADORA DE ORUGAS</b>					
1	1	CATERPILLAR	336 - D2L	2014	EXCAVADORA
2	2	CATERPILLAR	320- D	2008	EXCAVADORA
3	3	CATERPILLAR	320-C	2000	EXCAVADORA
4	4	CATERPILLAR	336-D2L	2012	EXCAVADORA
<b>TRACTOR ORUGAS</b>					
5	1	CATERPILLAR	D8 T	1998	TRACTOR ORUGA
6	2	CATERPILLAR	D6M	2001	TRACTOR ORUGA
<b>VIBROCOMPACTADOR</b>					
7	1	CATERPILLAR	CP - 533 D	2002	VIBROCOMPACTADOR LIZO
8	2	CATERPILLAR	CP - 533 E	2002	VIBROCOMPACTADOR PATA DE CABRA

Nº	NR	MARCA	MODELO	AÑO	DESCRIPCIÓN
<b>MOTONIVELADORA</b>					
9	1	CATERPILLAR	140 - H	2001	MOTONIVELADORA
10	2	CATERPILLAR	140 - H	2000	MOTONIVELADORA
11	3	FIAT ALLIS	FG 105 A	1996	MOTONIVELADORA
<b>CARGADOR FRONTAL</b>					
12	1	CATERPILLAR	938- G	1998	CARGADOR FRONTAL
<b>RETROEXCAVADORA</b>					
13	1	CATERPILLAR	416 E	2010	RETROEXCAVADORA
14	2	CATERPILLAR	432 E	2008	RETROEXCAVADORA
<b>VOLQUETE</b>					
15	1	VOLVO	N7	1979	VOLQUETA

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPO DE MAQUINARIA EN ESTUDIO

Como anteriormente se mencionó, la técnica de muestreo utilizada se basa en mediciones experimentales las cuales haciendo uso del muestreo no probabilístico que es una técnica que permite seleccionar las maquinarias pesadas que serán objeto de estudio mediante una selección que no brinda iguales oportunidades de sección a todas las maquinarias debido a que es un proceso de selección aleatoria motivo por el cual las maquinarias pesadas que fueron elegidas se las seleccionó en función a su accesibilidad, año de fabricación, y a la intención de obtener una muestra de una



cantidad de cada tipo de maquinaria a escala lo más próxima a la cantidad de total disponible en la obra durante la etapa de movimiento de tierras.

Dentro de la maquinaria pesada que se encuentra en el tramo en construcción puerta al Chaco – Canaletas perteneciente a la Asociación Accidental Andaluz se tiene que en total se cuenta con 60 maquinarias de diferentes tipos teniendo en porcentaje 30% excavadoras, 15% motoniveladoras, 13% tractores oruga, 5 % Retroexcavadoras, 8% vibrocompactadores, 10% cargadores frontales, 9% volquetas y 10% de Otros (camión lowoy, cisternas de agua, cisternas de diésel, perforadoras y generadores de electricidad).

Notándose que dentro de la obra existen en mayor proporción excavadoras, motoniveladoras, tractores oruga. Se optó por tomar más maquinaria pesada perteneciente a estos tipos tomando en cuenta al mismo tiempo el año de fabricación, la accesibilidad y disposición de la maquinaria como también de la predisposición de los operadores.

Para seleccionar la maquinaria pesada se hizo una aproximación para tener mayor cantidad de equipos según el total que se encuentra en la obra resultando al final una muestra de 4 excavadoras, 3 motoniveladoras, 2 tractores oruga, 2 vibrocompactadores, 2 retroexcavadoras, 1 cargador frontal y 1 volqueta los cuales se constituyen en una muestra a escala del total de la maquinaria disponible dentro de la obra.

A continuación se hará un detalle de un tipo de maquinaria que se tomó como muestra donde se explican su modelo, tipo, marca y algunos de los aspectos más importantes, el detalle de todas las maquinarias que son objeto de estudio se lo encontrarán dentro del ANEXO I

### 3.3.1.2.1 DESCRIPCIÓN DE DETALLES EXCAVADORA

Dentro del total de la muestra la mayor cantidad de maquinaria pesada al igual que en la obra son excavadoras razón por la cual se hace una breve descripción de las características generales del modelo en particular 336-D2L.

**CUADRO N° 13 Aspectos generales de la Excavadora**

MARCA	MODELO	AÑO	DESCRIPCIÓN
CATERPILLAR	336 - D2L	2012	EXCAVADORA

Fuente: Elaboración propia

### INFORMACIÓN GENERAL

El modelo 336D2L incorpora innovaciones para mejorar la eficiencia del lugar de trabajo con bajos costos de posesión y operación, un excelente rendimiento y una alta versatilidad.

**CUADRO N° 14 características de la Excavadora**

MOTOR	
Modelo del motor	Cat® C9 ACERT™
Cilindrada	8.8 L
Potencia del motor (ISO 14396)	209.0 kW
Aceite del motor	40.0 L
Capacidad del tanque de combustible	620.0 L
Peso en orden de trabajo	37086.0 kg

Fuente: Manual de especificaciones técnicas CATERPILLAR

*FIGURA N° 17 Excavadora modelo 336-D2L*



### **3.4 MEDICIONES DE LOS IMPACTOS AL MEDIO AMBIENTE**

Dentro del alcance de este proyecto se medirá los impactos generados en los tres componentes más afectados por la maquinaria pesada como lo son ruido, aire y agua

Para cuantificar la cantidad y calificar la calidad de los efectos al medio ambiente por el uso de la maquinaria pesada en la construcción de carreteras se procedió a realizar los ensayos de medición en el componente ruido se midieron los decibeles haciendo uso de un sonómetro, en el componente aire se realizaron las pruebas de opacidad haciendo uso de un equipo medidor de gases de combustión MDO 2 LON y en el componente agua se recogieron las muestras de agua para su posterior análisis en laboratorio.

Todas estas mediciones fueron realizadas en aproximadamente dos meses de planificación, se comenzó paralelamente las mediciones a los 3 componentes del medio ambiente estudiadas (agua, aire y ruido), principalmente debido a la disponibilidad de la maquinaria pesada así como también de los equipos de medición que son de propiedad de la Alcaldía Municipal de Tarija, administrados por el Centro Municipal de Revisión técnica vehicular de Tarija dependiente de la misma.

### **3.4.1 EN EL COMPONENTE RUIDO**

En el ámbito mundial, cada vez son más los países industrializados y en vías de desarrollo que no sólo han identificado la amenaza que el ruido representa en el bienestar humano, sino en todo el medio ambiente. Las reglamentaciones y normas existentes en el ámbito internacional, nacional y regional definen, principalmente, la forma de determinar las propiedades acústicas de los materiales, así como la metodología para medir los niveles sonoros producidos por los vehículos entre estos están considerados también las maquinarias pesadas.

El ruido puede definirse como cualquier sonido que sea desagradable y tiene una o varias de las siguientes características:

- Es duradero
- De fuerte intensidad
- Elevada frecuencia
- Caótico

El nivel en que un ruido pueda ser molesto no sólo depende de la calidad del sonido, sino también de nuestra actitud hacia él, existen personas que tienen mayor sensibilidad a los ruidos mientras que otras no tanto sin embargo los altos niveles de ruido en general derivan a problemas de toda índole en la fauna, en las construcciones aledañas, etc.

#### **3.4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN**

El nivel de ruido se puede medir con diferentes equipos los cuales miden la presión sonora es decir la variación de la presión en un punto determinado, la unidad con la que se expresa esa variación es el decibelio (dB) y el equipo que más es usado para

medir esa magnitud es el sonómetro que está diseñado para responder al sonido de la misma manera que lo hace el oído humano.

Para realizar las distintas mediciones de ruido en las maquinarias pesadas se hizo uso de un sonómetro marca 3M modelo SE400

#### **3.4.1.1.1 SONÓMETRO 3M SE-400**

La serie de sonómetros Sound Examiner SE-400 está diseñada para medir con precisión los niveles de ruido en entornos altamente variables. Estos equipos son fáciles de usar calculan el nivel de presión sonora promedio (LEQ/LAVG) durante el tiempo de ejecución; registran los datos de los valores máximos, mínimos y pico. Estos equipos se constituyen en una solución para medir y administrar la exposición de ruido del lugar de trabajo como parte del programa para la conservación de la audición. También se pueden realizar evaluaciones de ruido ambiental, para efectos de fiscalización.

#### **Parámetros incluidos**

Dentro de los parámetros que este sonómetro mide se tienen:

- SPL, LMax, LMin, LPk (pico), LEQ/LAVG, tiempo transcurrido

El dato más importante es el LEQ/ LAVG que viene a ser el tiempo equivalente el mismo que se usa para realizar los controles estipulados dentro de la ley 1333 ley del medio ambiente

#### **Características de la serie Sound Examiner SE-400**

El sonómetro usado es un equipo nuevo con una excelente tecnología de fabricación brinda una serie de ventajas y comodidades entre las características más importantes se puede resaltar

- Intervalos variables de registro de datos
- Pantalla LCD grande con retroiluminación
- Batería de litio recargable
- Almacenamiento en memoria de numerosas mediciones de ruido
- Micrófono opcional removible Tipo/Clase 1

- Interfaz de usuario multilingüe

### **Administración de datos más fácil**

El sonómetro 3M –SE400 posee un Software de administración de detección DMS 3M™ que hace que sea fácil recuperar, descargar, compartir y guardar datos del equipo.

### **Diseño resistente**

Tiene un diseño altamente resistente al agua y herméticos al polvo (clasificación IP65\*) con un suave agarre ergonómico lo cual lo hace ideal para trabajos de campo.

***FIGURA N° 18 Sonómetro 3M modelo SE-400 clase 1***



Mayores detalles de especificación del sonómetro se encontrarán en el ANEXO I

### **3.4.1.2 MEDICIONES POR MAQUINARIA**

La medición de ruido procedente de las maquinarias pesadas usadas en la construcción de carreteras se obtiene midiendo el nivel sonoro cuya unidad de magnitud es el dB(A)

Para realizar las mediciones se debe tener un sonómetro debidamente calibrado que cumpla con certificado oficial de calibración, además de un protector para micrófono contra el viento y verificar el buen estado del tacómetro incluido en el tablero de control de la maquinaria pesada.

La maquinaria pesada debe tener el sistema de escape en buen estado de operación y sin fugas. Además debe encontrarse bajo las condiciones normales de temperatura.

Para realizar las mediciones la superficie donde se hará la medición debe ser lisa, estar libres de superficies o techos que tengan propiedades reflectoras se recomienda realizar la medición cuando no haya ningún otro ruido próximo al punto de medición para que no interfiera con los resultados de la medición de la maquinaria y se debe tener cuidado en no medir cuando haya lluvia, viento o neblina ya que estos factores pueden hacer variar los resultados de la medición.

Con la maquinaria pesada estacionada en el lugar de la medición y el motor encendido se acelerará el motor de la maquinaria pesada sin brusquedad hasta obtener un valor máximo de 2500 r.p.m. se coloca el micrófono del sonómetro a una distancia de 7.5 m de la salida final del escape y a una altura no inferior a los 1.2 m de distancia desde el suelo.

Una vez colocado el sonómetro en la posición antes indicada, se acelera el motor, sin brusquedad hasta alcanzar la velocidad de entre 2000 r.p.m. a 2500 r.p.m. la cual se podrá controlar con el tacómetro de la maquinaria pesada, se procede a iniciar la medición apretando el botón play en el sonómetro mismo que empezará la medición

de los decibeles al mismo tiempo que controlará el tiempo de medición, cuando haya transcurrido cinco minutos desde el inicio de la medición se presionará el botón stop. Posteriormente se registra estas mediciones, se debe realizar la medición tres veces por día por lo cual se decidió medir una vez en la mañana, la segunda a medio día y la tercera en la tarde para poder obtener una mejor representación de datos ya que se estima que el ruido del escape de la maquinaria pesada varía en función a las horas de trabajo.

Para expresar los resultados se debe presentar el nivel sonoro emitido por la maquinaria pesada, el cual será el que resulte el decibel equivalente del tiempo medido, el sonómetro utilizado nos da directamente el valor del decibel equivalente mismo que es con el que se controla los rangos dentro de la norma, el decibel equivalente es el nivel de presión sonora equivalente.

Este procedimiento de medición se lo realizó en cada una de las maquinarias pesadas que fueron objeto de medición siguiendo en todas las recomendaciones y precauciones anteriormente mencionadas

### **3.4.1.3 MEDICIÓN DE RUIDO EXCAVADORA ORUGA**

A continuación se mostrarán los detalles de medición con el sonómetro los mismos que en el ejemplo son aplicados a la excavadora, en los ANEXOS II en el punto 2.1 se encuentra las mediciones realizadas a todas las maquinarias pesadas.

MARCA	MODELO	AÑO	DESCRIPCIÓN
CATERPILLAR	336 - D2L	2012	EXCAVADORA

Fuente: Elaboración propia



***FIGURA N° 19 Excavadora Caterpillar modelo 336-D2L trabajando en el movimiento de tierras***



Para realizar las mediciones de ruido con ayuda del sonómetro se procedió a realizar un reconocimiento del lugar en el cual se encontraba trabajando la excavadora 336-D2L con año de fabricación 2012, se hizo una revisión superficial de las condiciones de la maquinaria, se identificó la ubicación del escape para posteriormente medir con ayuda de una cinta métrica la distancia de 7,5 m de separación de dicho escape y el punto de medición.

Se procedió a medir los decibeles durante cinco minutos a una velocidad constante de entre 2000 rpm y 2500 rpm, mismas que se controlaron con el tacómetro incluido dentro del tablero de la maquinaria pesada en cuestión.

Posterior mente se realizó el registro de las mediciones obtenidas, este procedimiento se lo realizó de igual forma tres veces al día teniendo cuidado de que los días y horas de medición sean días sin viento, lluvia o neblina, además que durante la medición se procuró que ninguna otra maquinaria dentro de la zona este trabajando para tener resultados más exactos y reales.

***FIGURA N° 20 Medición de ruido en la excavadora modelo 336-D2L***



Resultado de los días de mediciones se tiene los siguientes datos de decibeles para la Excavadora 336-D2L año 2012

**CUADRO N° 15 Medición de decibles para la excavadora 336-D2L**

<b>N°</b>	<b>DURACIÓN</b> <i>min</i>	<b>LASeq</b>	<b>LAE</b>	<b>LAS</b>	<b>LASmx</b>	<b>LASmn</b>
<b>1</b>	5	77,20	95,10	74,60	87,60	73,20
<b>2</b>	5	80,60	92,00	83,40	85,60	75,20
<b>3</b>	5	71,20	89,10	68,60	81,60	67,20
<b>4</b>	5	80,60	92,00	83,40	85,60	75,20
<b>5</b>	5	80,40	98,70	76,20	89,60	72,90
<b>6</b>	5	74,10	85,20	69,10	82,10	69,00
<b>7</b>	5	79,98	96,48	77,48	88,28	73,98
<b>8</b>	5	78,40	96,30	72,70	89,10	67,60
<b>9</b>	5	78,80	95,30	76,30	87,10	72,80
<b>10</b>	5	80,80	91,90	75,80	88,80	75,70
<b>11</b>	5	78,90	90,00	73,90	86,90	73,80
<b>12</b>	5	73,80	84,90	68,80	81,80	68,70
<b>13</b>	5	72,80	83,90	67,80	80,80	67,70
<b>14</b>	5	73,80	84,90	68,80	81,80	68,70
<b>15</b>	5	83,30	94,40	78,30	91,30	78,20
<b>16</b>	5	78,70	96,60	73,00	89,40	67,90

<b>N°</b>	<b>DURACIÓN</b>	<b>LASeq</b>	<b>LAE</b>	<b>LAS</b>	<b>LASmx</b>	<b>LASmn</b>
<i>min</i>						
<b>17</b>	5	75,90	87,00	70,90	83,90	70,80
<b>18</b>	5	76,20	94,10	70,50	86,90	65,40
<b>19</b>	5	81,50	99,40	75,80	92,20	70,70
<b>20</b>	5	79,80	98,10	75,60	89,00	72,30
<b>21</b>	5	71,20	89,10	68,60	81,60	67,20
<b>22</b>	5	80,60	92,00	83,40	85,60	75,20
<b>23</b>	5	80,40	98,70	76,20	89,60	72,90
<b>24</b>	5	74,10	85,20	69,10	82,10	69,00
<b>25</b>	5	79,98	96,48	77,48	88,28	73,98
<b>26</b>	5	78,40	96,30	72,70	89,10	67,60
<b>27</b>	5	73,80	84,90	68,80	81,80	68,70
<b>28</b>	5	72,80	83,90	67,80	80,80	67,70
<b>29</b>	5	73,80	84,90	68,80	81,80	68,70
<b>30</b>	5	83,30	94,40	78,30	91,30	78,20

Fuente: Elaboración propia

**3.4.1.4 RESUMEN DE MEDICIONES DE RUIDO EN LA MAQUINARIA PESADA**

*CUADRO N° 16 Resumen de Medición de decibeles equivalentes en Excavadoras*

<b>EXCAVADORAS</b>				
<b>MODELO</b>	<b>336-D2L</b>	<b>336-D2L</b>	<b>320-D</b>	<b>320-C</b>
	<b>2012</b>	<b>2014</b>		
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
<b>1</b>	77,20	79,90	74,60	79,90
<b>2</b>	80,60	74,60	72,30	78,30
<b>3</b>	71,20	77,80	77,80	78,20
<b>4</b>	80,60	78,90	77,40	81,80
<b>5</b>	80,40	76,40	76,40	79,90
<b>6</b>	74,10	75,50	78,20	79,40
<b>7</b>	79,98	76,30	78,50	81,70
<b>8</b>	78,40	74,50	79,80	77,90
<b>9</b>	78,80	79,10	80,80	80,60
<b>10</b>	80,80	74,90	78,90	80,40
<b>11</b>	78,90	73,40	80,00	81,90
<b>12</b>	73,80	76,20	76,10	80,20

<b>EXCAVADORAS</b>				
<b>MODELO</b>	<b>336-D2L 2012</b>	<b>336-D2L 2014</b>	<b>320-D</b>	<b>320-C</b>
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
<b>13</b>	72,80	76,40	73,50	79,50
<b>14</b>	73,80	74,10	79,40	79,80
<b>15</b>	83,30	73,80	79,90	84,30
<b>16</b>	78,70	73,80	78,70	82,20
<b>17</b>	75,90	72,70	73,10	78,40
<b>18</b>	76,20	77,80	71,10	77,10
<b>19</b>	81,50	74,90	76,20	76,60
<b>20</b>	79,80	81,40	74,90	79,30
<b>21</b>	71,20	75,80	74,10	77,60
<b>22</b>	80,60	79,40	76,50	77,70
<b>23</b>	80,40	81,40	79,90	81,10
<b>24</b>	74,10	78,70	76,00	79,20
<b>25</b>	79,98	77,20	81,00	84,20
<b>26</b>	78,40	78,80	78,00	76,10
<b>27</b>	73,80	76,30	81,60	79,70

<b>EXCAVADORAS</b>				
<b>MODELO</b>	<b>336-D2L 2012</b>	<b>336-D2L 2014</b>	<b>320-D</b>	<b>320-C</b>
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
<b>28</b>	72,80	80,40	79,50	79,30
<b>29</b>	73,80	74,90	81,10	79,20
<b>30</b>	83,30	73,40	78,90	79,00

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** Cada registro de medición corresponde al decibel equivalente de la medición de cinco minutos a una velocidad constante entre 2000 rpm y 2500 rpm

**CUADRO N° 17 Resumen de Medición de decibeles equivalentes para Tractor Oruga y Vibrocompactadores**

TRACTORES ORUGA		VIBROCOMPACTADOR		
MODELO	D8T	D6M	CP-533D	CP-533E
N°	LASeq	LASeq	LASeq	LASeq
1	77,60	76,20	83,70	86,30
2	74,40	79,60	84,30	81,30
3	77,40	79,20	82,40	76,20
4	77,00	77,60	82,30	86,20
5	77,70	81,50	81,90	86,20
6	86,30	77,10	81,50	86,30
7	76,40	79,98	81,60	84,90
8	77,20	78,40	82,40	76,40
9	77,10	78,80	82,30	75,40
10	81,30	80,80	83,70	76,50
11	74,50	76,00	84,30	75,40
12	77,20	71,80	85,20	77,20
13	75,60	74,70	85,50	82,50



<b>TRACTORES ORUGA</b>		<b>VIBROCOMPACTADOR</b>		
<b>MODELO</b>	<b>D8T</b>	<b>D6M</b>	<b>CP-533D</b>	<b>CP-533E</b>
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
14	79,00	74,80	84,00	77,80
15	79,50	83,30	84,80	88,70
16	80,00	78,70	84,20	88,50
17	76,10	73,00	82,20	84,80
18	73,20	74,30	83,10	80,10
19	75,80	76,50	80,80	74,60
20	74,50	76,80	79,80	83,70
21	75,40	71,20	79,60	83,90
22	84,60	80,60	79,80	84,60
23	88,00	80,40	83,20	88,00
24	73,90	78,80	79,10	82,40
25	78,90	80,80	84,10	87,40
26	75,40	76,00	80,60	74,60
27	79,00	71,80	84,20	78,20
28	75,80	74,70	81,00	74,10

TRACTORES ORUGA		VIBROCOMPACTADOR		
MODELO	D8T	D6M	CP-533D	CP-533E
N°	LASeq	LASeq	LASeq	LASeq
29	78,50	75,50	83,70	77,70
30	76,00	83,30	83,70	77,10

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** Cada registro de medición corresponde al decibel equivalente de la medición de cinco minutos a una velocidad constante entre 2000 rpm y 2500 rpm

**CUADRO N° 18 Resumen de Medición de decibeles equivalentes en Motoniveladoras y Cargador Frontal**

<b>MOTONIVELADORAS</b>				<b>CARGADOR FRONTAL</b>
<b>MODELO</b>	<b>140-H 2001</b>	<b>140-H 2000</b>	<b>FG-105 A</b>	<b>938-G</b>
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
1	74,10	74,10	76,70	80,60
2	75,40	75,40	81,10	83,80
3	75,90	75,90	79,00	76,80
4	76,30	76,30	79,10	85,80
5	75,50	75,50	81,50	75,30
6	74,6	74,6	75,6	79,5
7	74,5	74,5	79,98	82,1
8	76,3	76,3	78,4	79
9	75,9	75,9	78,8	79
10	76,6	72,6	80,1	83,3
11	74,5	74,2	76	78,1
12	77,2	74,3	75,3	82,8
13	76,6	73,8	74,7	79,3

MOTONIVELADORAS			CARGADOR FRONTAL	
MODELO	140-H 2001	140-H 2000	FG-105 A	938-G
N°	LASeq	LASeq	LASeq	LASeq
14	77,5	73,2	74,3	87,9
15	78,8	72,9	84,3	81,28
16	77,8	72	78,7	82,8
17	72,6	74,5	73	84,3
18	74,2	74,6	74,3	82
19	74,30	72,60	75,00	87,15
20	73,80	75,60	78,30	84,50
21	73,20	76,60	78,60	81,30
22	72,90	77,50	80,60	76,10
23	76,30	78,80	80,40	73,30
24	72,00	77,80	78,80	77,50
25	77,00	76,30	80,80	85,30
26	74,50	77,00	76,00	76,70
27	78,10	78,10	77,80	79,50
28	74,60	77,20	74,70	80,10

MOTONIVELADORAS			CARGADOR FRONTAL	
MODELO	140-H 2001	140-H 2000	FG-105 A	938-G
N°	LASeq	LASeq	LASeq	LASeq
29	77,60	72,60	75,50	81,10
30	76,00	74,20	83,30	84,20

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** Cada registro de medición corresponde al decibel equivalente de la medición de cinco minutos a una velocidad constante entre 2000 rpm y 2500 rpm

**CUADRO N° 19 Resumen de Medición de decibeles equivalentes en Retroexcavadoras y Volqueta**

<b>RETROEXCAVADORAS VOLQUETA</b>			
<b>MODELO</b>	<b>416-E</b>	<b>432-E</b>	<b>N7</b>
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
<b>1</b>	79,90	75,70	83,40
<b>2</b>	74,60	83,80	80,20
<b>3</b>	77,80	76,80	83,00
<b>4</b>	78,90	78,70	80,80
<b>5</b>	76,40	78,50	82,60
<b>6</b>	75,50	76,00	84,30
<b>7</b>	76,30	79,98	84,30
<b>8</b>	74,50	78,40	80,10
<b>9</b>	79,10	78,80	82,60
<b>10</b>	74,90	80,10	80,10
<b>11</b>	73,40	80,20	80,20
<b>12</b>	76,20	77,00	83,40
<b>13</b>	76,40	78,50	82,60

<b>RETROEXCAVADORAS VOLQUETA</b>			
<b>MODELO</b>	<b>416-E</b>	<b>432-E</b>	<b>N7</b>
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
<b>14</b>	74,10	76,00	80,10
<b>15</b>	73,8	84,3	84,3
<b>16</b>	73,8	78,7	82,6
<b>17</b>	72,7	77,2	80,1
<b>18</b>	77,8	74,3	84,3
<b>19</b>	74,9	77	82,6
<b>20</b>	81,4	78,5	80,1
<b>21</b>	75,8	76	82,6
<b>22</b>	79,4	79,98	84,3
<b>23</b>	81,4	78,4	82,6
<b>24</b>	78,7	78,8	80,1
<b>25</b>	77,2	80,1	84,3
<b>26</b>	78,8	80,2	80,2
<b>27</b>	76,3	77	80,1
<b>28</b>	80,4	78,5	82,6

<b>RETROEXCAVADORAS VOLQUETA</b>			
<b>MODELO</b>	<b>416-E</b>	<b>432-E</b>	<b>N7</b>
<b>N°</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>	<b>LASeq</b>
<b>29</b>	74,9	76	80,1
<b>30</b>	73,4	83,3	83,3

Fuente: Elaboración propia

**Nota:** Cada registro de medición corresponde al decibel equivalente de la medición de cinco minutos a una velocidad constante entre 2000 rpm y 2500 rpm



### **3.4.2 EN EL COMPONENTE AIRE**

En la construcción de una carretera la maquinaria pesada representa una fuente importante de contaminación del aire debido al conjunto de vehículos propulsados por la combustión de hidrocarburos. Las emisiones procedentes de los escapes de estas maquinarias pesadas contienen monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno que son liberados a la atmósfera en importantes cantidades.

Debido a los altos índices de contaminación mundial hoy en día se han desarrollado diferentes equipos para analizar los motores de estos vehículos ya sea propulsado a gasolina, GNV o diésel.

#### **3.4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN**

El analizador de gases de escape de motores Diésel MDO 2 LON es un equipo de medición de opacidad en régimen de corriente parcial y sirve para el diagnóstico de gases de escape de todo tipo de vehículos con motores a diésel. El manejo de MDO 2 LON mediante menús permite un fácil análisis y diagnóstico del gas de humo emitido por vehículos con motor a diésel. El analizador de gases de escape de motores Diésel MDO 2 LON con conexión a PC consta de dos componentes:

- **Cabezal de medición MDO 2 LOM (equipo base)**

El equipo base sirve para calcular la opacidad. Por ello se entiende el ennegrecimiento o turbiedad de humo diésel. La opacidad del gas de humo emitido se especifica por la unidad de  $k (m^{-1})$  y en %. El equipo base se coloca junto al lugar de medición cerca del tubo de escape.

- **PC con software EUROSYSYSTEM**

La utilización del sistema completo se rige por el software EUROSYSYSTEM. EURO – SYSTEM se concibió para diferentes calles de ensayo, que pueden contener diferentes bancos de prueba. Este software posibilita la administración de datos de clientes y vehículos, así como de todos los datos de medición. EUROSYSYSTEM puede comunicarse con el software del analizador de gases de

escape de motores Diésel MDO 2 LON y adoptar todos los datos a su base de datos.

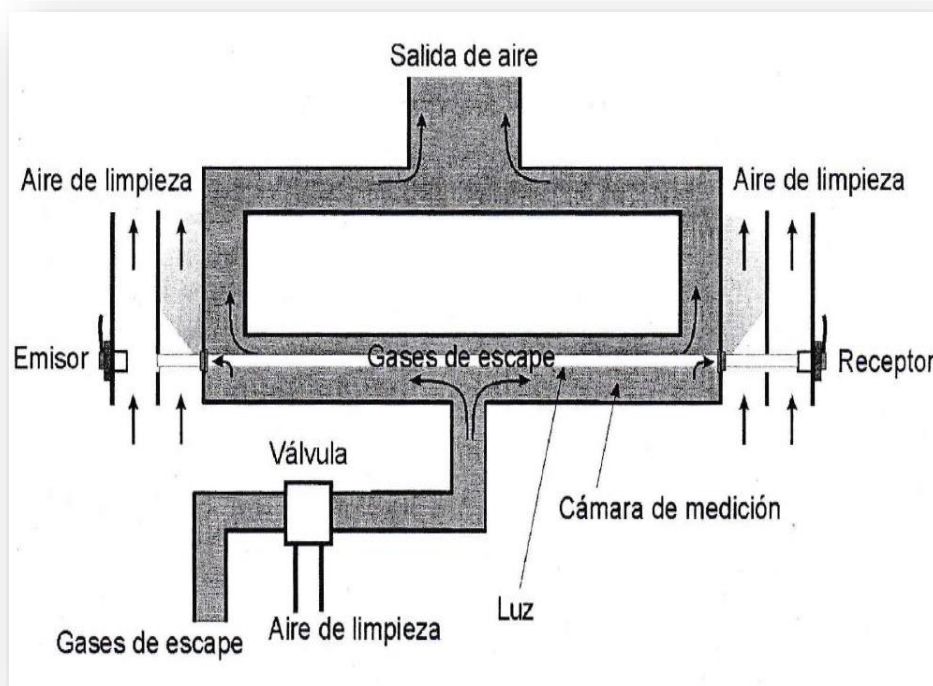
### 3.4.2.1.1 PRINCIPIO DE MEDICIÓN

El principio de medición de opacímetro se basa en el hecho de que los gases de humo, según su intensidad, dejan pasar menos luz que el aire. Este hecho se aprovecha por el opacímetro mediante absorción fotométrica. El gas de humo se acumula en una cámara de medición alargada. A ambos extremos de la cámara de medición se encuentran un emisor y un receptor.

El emisor consta de un diodo emisor de luz que emite una luz con longitud de onda de 567 nm. Esta longitud de onda está adaptada al comportamiento de absorción de los gases de humo.

En el extremo opuesto un fotodiodo recibe la luz incidente.

**FIGURA N° 21** Esquema del principio de medición



**FIGURA N° 22 OPACIMETRO MDO 2 LON**



**Descripción:**

- Aprobación oficial alemana: certificado PTB 18.09
- Cumple con las normativas ECE R24 ISO 3173- y la ISO/TC22/SC 5 Directiva N 650
- Procedimiento sin problemas y ahorrador de tiempo, diagnóstico de la opacidad de los gases mediante corriente de flujo parcial con libre aceleración o bajo carga del motor
- Captación instantánea o continua de los calores medidos
- Sensor de temperatura integrado
- Calefacción de la cámara de medición de alta potencia
- Registro de la temperatura del aceite, RPM y tiempo de aceleración
- 2 interfaces RS 232 de serie
  - Para conexión PC o terminal de mano
  - Para conexión a equipos externos (Bancos de potencia)

- Indicación de los resultados a través del terminal de mano Guía de uso controlada a través de menú, Introducción de los datos relevantes de la prueba (Valor referencia, valor medido), Protocolo gráfico alfanumérico de los valores medidos.
- Todos los componentes fabricados de acero afinado V2A
- Juntas de material sintético estancas al calor

**Volumen de suministro:**

- Caja de chapa de acero, con protección de plástico alrededor
- Célula de medición de la opacidad con óptica de medición
- Cable conexión 230 V
- Puerto RS 232
- Sonda para medición de gases, con manguera de 1,5 m y temperatura máxima 300° C
- Terminal de mano con indicador LDC (2 líneas), impresora y 5m cable de conexión

***FIGURA N° 23 Equipo analizador de gases MDO2 conectado a la sonda de humos, temperatura de aceite y equipo de medición de revoluciones RPM 100***



**FIGURA N° 24 PC con el software EUROSYSYSTEM, conectada al opacímetro y sondas de medición todos estos equipos marca MAHA**



### **3.4.2.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN**

Con el objetivo de medir la opacidad de los escapes de la maquinaria pesadas se hizo uso de un medidor de opacidad llamado Comprobador de gases de escape diésel (Opacímetro) Modelo: MDO 2 LON

**FIGURA N° 25 Analizador de gases de escape instalado con todos sus accesorios y equipos complementarios.**



El programa de medida de opacidad está compuesto por diferentes test de medida que se utilizarán dependiendo del diagnóstico que se quiera realizar a la maquinaria pesada.

En el análisis de humos, solamente hay una medida concreta, la opacidad. El valor de la opacidad esta expresado en porcentaje (%) y en el llamado factor K ( $m^{-1}$ ). En los diferentes test de medida, siempre se informará de ambos valores de humos.

Como elementos opcionales a la medida de humos, se pueden conectar el medidor de revoluciones y temperatura. Este medidor consta de una unidad principal de comunicaciones con salida RS232, con entradas de información de un captador piezoeléctrico para la medida de revoluciones y una sonda de temperatura para aceite.

Para realizar el test de medición de opacidad se procederá a comprobar en la maquinaria pesada los siguientes aspectos:

**a) El nivel de aceite del motor**

**b) La temperatura del motor.**

Se considerará que cumple esta condición cuando el aceite del cárter tenga una temperatura de 80°C, como mínimo, o la temperatura normal de funcionamiento, si es inferior. La temperatura podrá medirse directamente mediante sonda.

La temperatura normal de funcionamiento del motor podrá ser determinada por otros medios, por ejemplo a través del indicador de temperatura del circuito de refrigeración, o mediante el funcionamiento del ventilador.

**c) Las condiciones mecánicas del motor.**

Visualmente se comprobará que éstas son satisfactorias, verificando que no existen fugas de aceite, agua o combustible, así como la situación, estado y tensado de las correas del ventilador y otros.

**d) Purgado del sistema de escape.**

Mediante una aceleración en vacío, se purgará el sistema de escape, acelerando lenta y progresivamente hasta la velocidad de desconexión de la bomba.

Durante la purga se prestará especial atención al comportamiento del motor, observando los posibles ruidos extraños y el régimen de corte de la bomba o del sistema de inyección. Este corte se producirá dentro de los márgenes establecidos por el fabricante que, en ningún caso, será inferior al régimen de potencia máxima, ni lo superará en más de un 15%.

Si se detectasen anomalías, ruidos extraños, que la desconexión de la bomba no se produce o que el corte está fuera de los límites estipulados, o cuando no se satisfaga alguno de los puntos anteriores, no se continuará con la prueba, rechazando la maquinaria pesada por no cumplir las condiciones mínimas de seguridad para su ensayo.

- e) Proceder a apagar luces, aire acondicionado, radio y freno de motor para evitar sus interferencias en la prueba.
- f) Revisar, en el caso de transmisiones automáticas que el selector se encuentre en posición de estacionamiento o neutral y en el caso de transmisiones manuales o semiautomáticas, esté en neutral y con el embrague sin accionar.

Una vez comprobados los aspectos anteriormente mencionados se procede de la siguiente manera:

- Colocar la sonda de medición de temperatura, dentro del depósito de aceite del motor.

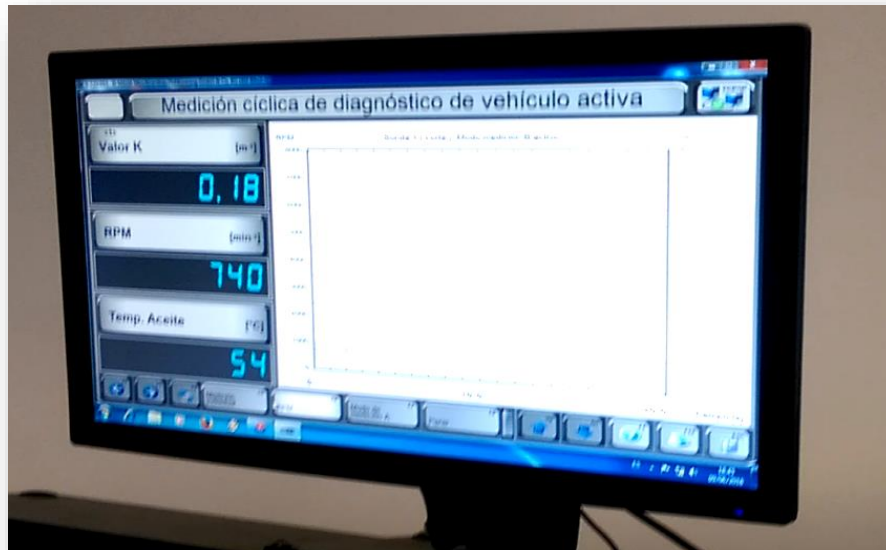
***FIGURA N° 26 Medición de la varilla del aceite para introducir la sonda de temperatura con el mismo tamaño***



- El equipo deberá validar que la temperatura del aceite del motor tenga un valor mínimo de 80°C.



**FIGURA N° 27** *Comprobación de la temperatura del motor*



- Colocar el equipo de medición de revoluciones RPM 100 lo más cerca posible al motor

**FIGURA N° 28** *Equipo de medición de revoluciones RPM 100*



- Se verificará en el monitor que las rpm del equipo están dentro del rango de lectura mínimo del equipo que es igual a 600 rpm.
- Se colocará en el escape la sonda de medición de gases de humo tratando de que entre toda la cabeza de la sonda y se deberá asegurar la sonda con los aseguradores que posee para evitar que la misma se mueva durante la medición.

***FIGURA N° 29 Sonda de medición de gases de humo***



Posteriormente se enciende el equipo de análisis de gases, el cual contiene un programa implementado que se encarga de determinar automáticamente que unidades de medida están conectadas al ordenador central, al mismo tiempo que verifica si existe algún problema en la conexión física de cada unidad con el ordenador.

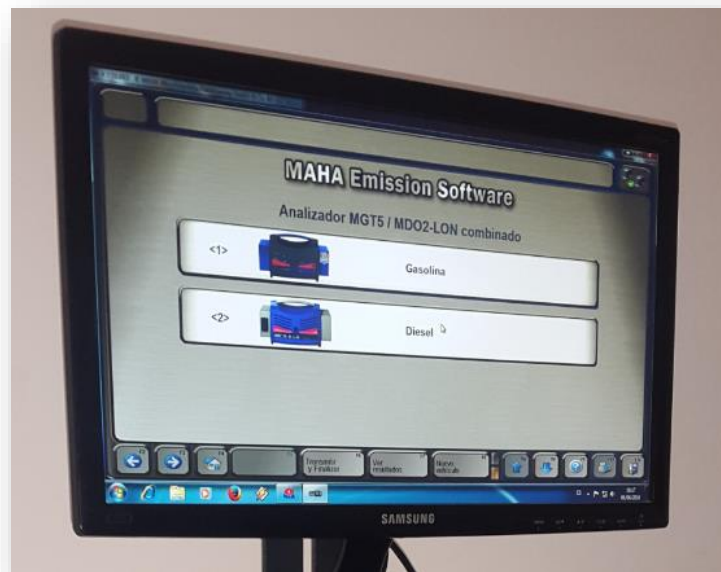
Todos los componentes del analizador van montados en un mueble provisto de ruedas que permite su fácil desplazamiento hasta el lugar en el que se encuentre la maquinaria que se quiera verificar.

Una vez instaladas las 3 sondas se debe verificar que las sondas están correctamente instaladas en el opacímetro para posteriormente abrir el sistema EUROSYSTEM en la PC.

### Inicio del programa

- Se enciende el equipo con el interruptor principal
- Se arranca la PC y Windows, el programa EUROSYSYSTEM se inicia automáticamente
- En el menú principal se presiona la opción de diésel y posteriormente vehículo nuevo

**FIGURA N° 30 Selección del tipo de combustible en el programa EUROSYSYSTEM**



- Se introducen los datos generales de la maquinaria pesada como modelo, año de fabricación, tipo de maquinaria y propietario
- La comprobación comienza con el control de captador de revoluciones mismo que reconoce las revoluciones desde 600 rpm pero para el análisis las revoluciones de la maquinaria pesada deben mantenerse constantes durante la medición en un intervalo de tolerancia entre 1980 rpm a 2300 rpm. Ya que según norma la medición debe realizarse en las 2000 rpm

**FIGURA N° 31 Comprobación de revoluciones con el equipo RPM 100**



- Se mantiene presionando el acelerador constante verificando en la pantalla que alcance una velocidad constante de entre 1980 a 2300 rpm, el equipo de medición nos arrojará los resultados una vez que cumpla la aceleración contante durante un intervalo de tiempo generalmente de unos 3 minutos
- Después de finalizada la prueba, aparece el resultado completo del análisis de gases de escape “Control de emisiones aprobado” o “Control de emisiones no aprobado” así como los resultados de los análisis individuales
- Se imprimen los resultados de la prueba los cuales nos dará los resultados de opacidad en una hoja con una gráfica donde se expresan las rpm durante el test al mismo tiempo que muestra los resultados de opacidad expresado en valor k y en %

El test de opacidad completo desde el posicionamiento de la maquinaria pesada hasta la impresión de resultados puede durar entre 15 y 20 min aproximadamente

### **3.4.1.2.1 MEDICIÓN DE CONTAMINACIÓN DE AIRE**

Para realizar el test de opacidad en las maquinarias pesadas en todas se siguió el mismo procedimiento anteriormente explicado, a continuación se explicará el proceso para una de las maquinarias pesadas, en ANEXOS 2 se encuentra el análisis de cada una de las maquinarias pesadas que fueron objeto de estudio.

MARCA	MODELO	AÑO	DESCRIPCIÓN
CATERPILLAR	336 - D2L	2012	EXCAVADORA

Fuente: Elaboración propia

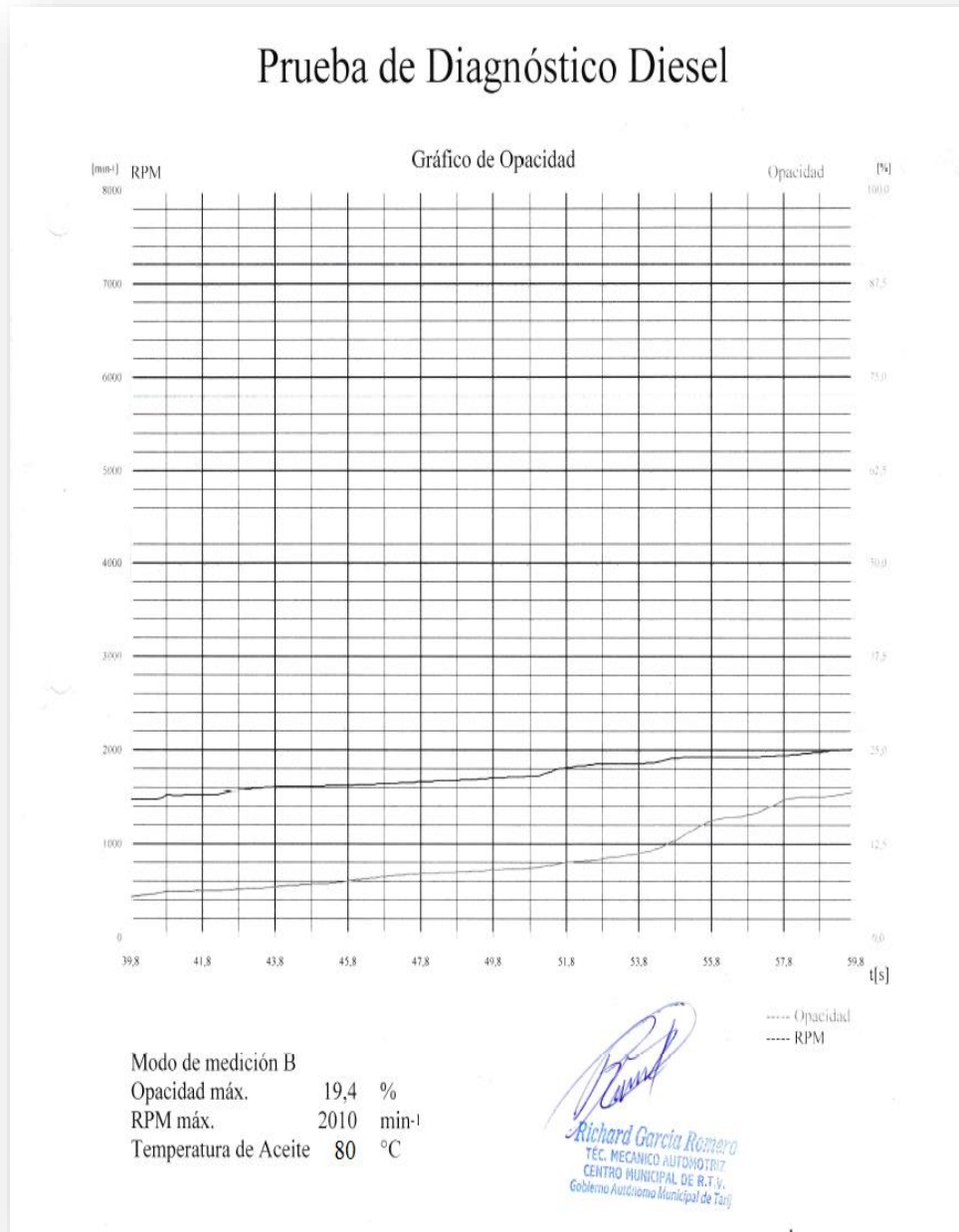
Para la excavadora modelo 336-D2L año 2012 se procedió a levantar el capote e instalar cada una de las sondas de medición las cuales se muestran en la figura 32, posteriormente se realizó el test de opacidad obteniendo los resultados en valor  $k(m^{-1})$  y en (%) como se puede observar en la figura 33

***FIGURA N° 32 Instalación de las sondas de medición***



Como se puede observar en la figura 32, en el círculo azul se muestra la sonda de medición de gases de escape, en el círculo verde se muestra la sonda de temperatura del aceite y finalmente en el círculo naranja se muestra el equipo de medición de revoluciones RPM 100.

**FIGURA N° 33 Prueba de Diagnostico Diésel, resultados expresados en %**



**CUADRO N° 20 Datos obtenidos de las pruebas de opacidad tanto en % como en valor k para la excavadora modelo 336-D2L año 2012**

PRUEBA	RPM	OPACIDAD	
		%	k m <sup>-1</sup>
1	2000	26,36	0,35
2	1990	26,23	0,35
3	2000	26,36	0,35
4	2100	27,71	0,39
5	2005	26,43	0,36
6	2100	27,71	0,39
7	2000	26,36	0,35
8	2010	26,50	0,36
9	2000	26,36	0,35
10	2005	26,43	0,36
11	2000	26,36	0,35
12	2010	26,50	0,36
13	2005	26,43	0,36
14	2000	26,36	0,35
15	2010	26,50	0,36

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.3 RESUMEN DE MEDICIONES DE CONTAMINACIÓN DE AIRE EN LA MAQUINARIA PESADA

*CUADRO N° 21 Resumen de la medición de contaminación de aire (opacidad) en porcentaje para Excavadoras*

<b>EXCAVADORAS</b>				
<b>MODELO</b>	<b>336-D2L 2012</b>	<b>336-D2L 2014</b>	<b>320-D</b>	<b>320-C</b>
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>			
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>1</b>	26,36	10,21	56,97	44,08
<b>2</b>	26,23	10,34	58,77	42,73
<b>3</b>	26,36	11,75	53,38	41,38
<b>4</b>	27,71	10,47	56,97	44,08
<b>5</b>	26,43	10,34	58,77	43,40
<b>6</b>	27,71	10,21	56,97	42,73
<b>7</b>	26,36	10,47	55,17	42,73
<b>8</b>	26,5	10,41	56,79	44,08
<b>9</b>	26,36	10,47	56,97	41,38
<b>10</b>	26,43	10,53	56,97	42,73
<b>11</b>	26,36	10,47	56,97	42,73



<b>EXCAVADORAS</b>				
<b>MODELO</b>	<b>336-D2L 2012</b>	<b>336-D2L 2014</b>	<b>320-D</b>	<b>320-C</b>
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>			
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>12</b>	26,50	10,21	58,41	41,38
<b>13</b>	26,43	10,21	55,17	44,08
<b>14</b>	26,36	10,47	56,97	42,73
<b>15</b>	26,50	10,28	56,97	42,73

Fuente: Elaboración propia

Nota.- Las mediciones presentadas corresponden a la prueba de opacidad expresando el resultado en % para distintas velocidades constantes entre 1990 rpm a 2300 rpm

**CUADRO N° 22 Resumen de la medición de contaminación de aire (opacidad) en valor K para Excavadoras**

<b>EXCAVADORAS</b>				
<b>MODELO</b>	<b>336-D2L 2012</b>	<b>336-D2L 2014</b>	<b>320-D</b>	<b>320-C</b>
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>			
	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>
<b>1</b>	0,35	0,23	1,99	1,46
<b>2</b>	0,35	0,24	2,08	1,39
<b>3</b>	0,35	0,28	1,81	1,32
<b>4</b>	0,39	0,24	1,99	1,46
<b>5</b>	0,36	0,24	2,08	1,42
<b>6</b>	0,39	0,23	1,99	1,39
<b>7</b>	0,35	0,24	1,90	1,39
<b>8</b>	0,36	0,24	1,98	1,46
<b>9</b>	0,35	0,24	1,99	1,32
<b>10</b>	0,36	0,24	1,99	1,39
<b>11</b>	0,35	0,24	1,99	1,39
<b>12</b>	0,36	0,23	2,06	1,32

<b>EXCAVADORAS</b>				
<b>MODELO</b>	<b>336-D2L 2012</b>	<b>336-D2L 2014</b>	<b>320-D</b>	<b>320-C</b>
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>			
	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>
<b>13</b>	0,36	0,23	1,90	1,46
<b>14</b>	0,35	0,24	1,99	1,39
<b>15</b>	0,36	0,23	1,99	1,39

Fuente: Elaboración propia

Nota.- Las mediciones presentadas corresponden a la prueba de opacidad expresando el resultado en valor  $k m^{-1}$  para distintas velocidades constantes entre 1990 rpm a 2300 rpm

**CUADRO N° 23 Resumen de la medición de contaminación de aire (opacidad) en porcentaje y en valor  $k$  ( $m^{-1}$ ) para Tractores Oruga y Vibrocompactador**

TRACTOR ORUGA					VIBROCOMPACTADOR			
MODELO	D8T		D6M		CP-533 D		CP- 533 E	
PRUEBA	OPACIDAD				OPACIDAD			
	%	$k m^{-1}$	%	$k m^{-1}$	%	$k m^{-1}$	%	$k m^{-1}$
<b>1</b>	18,78	0,33	11,33	0,27	4,76	0,11	12,76	0,19
<b>2</b>	19,05	0,34	10,78	0,25	5,56	0,14	12,76	0,19
<b>3</b>	18,78	0,33	10,78	0,25	5,84	0,14	13,76	0,22
<b>4</b>	18,78	0,33	10,78	0,25	4,96	0,12	13,16	0,2
<b>5</b>	18,78	0,33	10,72	0,25	4,86	0,11	12,76	0,19
<b>6</b>	19,33	0,35	11,33	0,27	4,78	0,11	12,78	0,19
<b>7</b>	19,00	0,34	11,05	0,26	4,76	0,11	12,76	0,19
<b>8</b>	19,60	0,36	11,6	0,28	5,76	0,14	13,66	0,22
<b>9</b>	19,60	0,36	10,78	0,25	5,56	0,14	13,16	0,2
<b>10</b>	19,22	0,35	11,05	0,27	4,96	0,12	13,06	0,2
<b>11</b>	18,83	0,33	10,78	0,25	4,78	0,11	12,96	0,2
<b>12</b>	20,15	0,38	11,88	0,25	4,76	0,11	12,78	0,19

TRACTOR ORUGA					VIBROCOMPACTADOR			
MODELO	D8T		D6M		CP-533 D		CP- 533 E	
PRUEBA	OPACIDAD				OPACIDAD			
	%	k m <sup>-1</sup>	%	k m <sup>-1</sup>	%	k m <sup>-1</sup>	%	k m <sup>-1</sup>
13	20,15	0,38	12,15	0,25	5,56	0,14	13,56	0,22
14	18,78	0,33	10,78	0,25	5,16	0,12	12,97	0,20
15	20,15	0,38	11,77	0,27	5,76	0,14	12,76	0,19

Fuente: Elaboración propia

Nota. - Las mediciones presentadas corresponden a la prueba de opacidad expresando el resultado en % y en valor k m<sup>-1</sup> para distintas velocidades constantes entre 1990 rpm a 2300 rpm

**CUADRO N° 24** Resumen de la medición de contaminación de aire (opacidad) en porcentaje y valor k para Motoniveladoras

<b>MOTONIVELADORA</b>						
<b>MODELO</b>	<b>140-H 2001</b>	<b>140-H 2000</b>	<b>FG 105 A</b>	<b>140-H 2001</b>	<b>140-H 2000</b>	<b>FG 105 A</b>
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>					
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>
1	7,60	15,98	62,18	0,16	0,29	2,27
2	7,585	15,68	61,18	0,16	0,25	2,25
3	7,75	15,75	62,93	0,18	0,26	2,29
4	7,90	15,83	60,93	0,20	0,27	2,24
5	7,60	15,60	66,68	0,16	0,24	2,37
6	7,75	15,60	63,33	0,18	0,24	2,30
7	7,90	15,75	61,68	0,20	0,26	2,26
8	7,60	15,60	61,43	0,16	0,24	2,25
9	7,75	15,90	60,68	0,18	0,28	2,24
10	7,60	15,60	62,18	0,16	0,24	2,27
11	7,60	15,68	61,93	0,16	0,25	2,26

<b>MOTONIVELADORA</b>						
<b>MODELO</b>	<b>140-H 2001</b>	<b>140-H 2000</b>	<b>FG-105 A</b>	<b>140-H 2001</b>	<b>140-H 2000</b>	<b>FG-105 A</b>
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>					
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>
12	7,75	15,75	62,93	0,18	0,26	2,29
13	7,60	15,60	62,33	0,16	0,24	2,27
14	7,60	15,60	61,68	0,16	0,24	2,26
15	7,60	15,75	60,93	0,16	0,26	2,24

Fuente: Elaboración propia

Nota.- Las mediciones presentadas corresponden a la prueba de opacidad expresando el resultado en % y valor  $k m^{-1}$  para distintas velocidades constantes entre 1990 rpm a 2300 rpm

**CUADRO N° 25 Resumen de la medición de contaminación de aire (opacidad) en porcentaje y valor k para el Cargador Frontal, Retroexcavadora y Volqueta**

<b>CARGADOR FRONTAL</b>		<b>RETROEXCAVADORA</b>				<b>VOLQUETA</b>		
<b>MODELO</b>	<b>938-G</b>		<b>416-E</b>		<b>432-E</b>		<b>N7</b>	
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>		<b>OPACIDAD</b>				<b>OPACIDAD</b>	
	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>
1	10,95	0,21	2,97	0,06	4,51	0,05	64,00	2,37
2	10,62	0,18	2,94	0,06	4,60	0,05	63,00	2,35
3	11,03	0,22	2,99	0,06	4,69	0,06	64,30	2,38
4	10,78	0,19	3,00	0,06	4,51	0,05	63,40	2,40
5	10,62	0,18	2,97	0,06	4,62	0,05	64,18	2,40
6	11,11	0,23	3,00	0,06	4,60	0,05	63,93	2,40
7	11,44	0,26	2,94	0,06	4,55	0,05	62,68	2,37
8	10,95	0,21	3,00	0,06	4,51	0,05	63,43	2,38
9	11,44	0,26	2,94	0,06	4,53	0,05	62,68	2,37
10	11,19	0,24	3,06	0,07	4,69	0,06	64,18	2,40
11	10,95	0,21	3,01	0,06	4,57	0,05	63,68	2,39



<b>CARGADOR RETROEXCAVADORA VOLQUETA</b>								
<b>FRONTAL</b>								
<b>MODELO</b>	<b>938-G</b>		<b>416-E</b>		<b>432-E</b>		<b>N7</b>	
<b>PRUEBA</b>	<b>OPACIDAD</b>		<b>OPACIDAD</b>				<b>OPACIDAD</b>	
	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>	<b>%</b>	<b>k m<sup>-1</sup></b>
12	10,86	0,20	2,94	0,06	4,51	0,05	64,93	2,42
13	10,62	0,18	2,97	0,06	4,55	0,05	64,33	2,41
14	10,95	0,21	3,06	0,07	4,69	0,06	63,68	2,39
15	10,95	0,21	3	0,06	4,6	0,05	63,68	2,39

Fuente: Elaboración propia

Nota. - Las mediciones presentadas corresponden a la prueba de opacidad expresando el resultado en valor  $k m^{-1}$  y en % para distintas velocidades constantes entre 1990 rpm a 2300 rpm

### 3.4.3 EN EL COMPONENTE AGUA

Para poder cuantificar la afectación al agua por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras se procedió a hacer un recorrido general por toda el área de donde se identificaron 3 fuentes de agua próximas al lugar donde están trabajando las maquinarias pesadas.

***FIGURA N° 34 Identificación de las fuentes de agua próximas al movimiento de tierras realizado por la maquinaria pesada.***



Una vez que se identificaron las fuentes de agua que serán objeto de análisis se procedió a recoger una muestra de agua de cada fuente para posteriormente realizar su análisis en laboratorio teniendo las siguientes consideraciones generales durante el muestreo:

- Usar envases compatibles con los parámetros que se van a analizar.
- Enjuagar los envases con el agua a muestrear por lo menos dos veces de manera consecutiva.
- Identificar clara e inmediatamente la muestra. En algunos casos es mejor emplear un número correlativo o una clave que indique la fuente o el lugar de procedencia de la muestra.

- Las muestras se deberán tomar en los sitios de mayor mezcla, o inmediatamente después de ésta, para asegurar la representatividad del agua contenida en el punto de muestreo.
- Evitar tomar las muestras en sitios muy cercanos a la orilla o bordes del cuerpo de agua.
- No recolectar sedimentos o materiales adheridos a la orilla o bordes del cuerpo de agua o superficie del mismo, así como tampoco es recomendable recolectar partículas grandes.
- De preferencia usar solamente recipientes nuevos en la toma de muestras de agua.

Para realizar la recolección de las muestras se procedió a usar botellas PET de agua mineral (600 ml marca VITAL), se destapó el bote y desechando el contenido, inmediatamente se llenó el bote con la muestra, hasta que ya no hubo espacio, luego se cerró herméticamente cuidando de que no haya burbujas, se la transportó evitando la radiación solar, posteriormente se la refrigeró hasta realizar los análisis de los parámetros de agua

***FIGURA N° 35 Botella PET de 600 ml usada como recolector de muestras***



### **3.4.3.1 CRITERIOS Y PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE MUESTRA DE AGUA DE LA FUENTE 1**

Se procedió a realizar el muestreo manual el cual se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones puedan facilitar la toma de muestras. La ventaja de éste tipo de muestreo es que permite tomar la muestra, observar los cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales, etc.

Se procedió a tomar una muestra de agua de la fuente 1 ya se encuentra a escasos metros de donde está operando la maquinaria pesada posteriormente se la etiqueto para poder identificarla en laboratorio.

***FIGURA N° 36 toma de muestra de agua en la fuente 1***



Como se observa en la imagen la muestra de agua fue tomada de un cauce natural donde a simple vista se puede evidenciar la turbiedad del agua debido al cambio de color con respecto a otra tomada aguas arriba.

### **3.4.3.2 CRITERIOS Y FORMA DE MUESTREO EN LA FUENTE 2**

Se eligió la fuente de agua 2 debido a su proximidad a la zona de trabajo, distante a unos metros después que esta atravesara la zona en donde se encuentran las excavadoras haciendo un corte de talud, la forma de muestreo fue manual.

***FIGURA N° 37 toma de muestra de agua de la fuente 2***



### **3.4.3.3 CRITERIO Y MUESTREO FUENTE 3**

La fuente de agua 3 fue seleccionada debido a la proximidad a la maquinaria pesada y a la presencia de material de corte dentro del curso de agua, la muestra de agua de la fuente 3 se la recogió con un muestreo manual de los cauces naturales del río que en esta época del año es muy poca pero en épocas de lluvia posee un gran caudal.

*FIGURA N° 38 toma de muestra de agua de la fuente 3*



#### **3.4.3.4 OBSERVACIONES GENERALES**

Se realizó un recorrido dentro del área de estudio, principalmente en las zonas donde actualmente se encuentra trabajando la maquinaria, para poder hacer una mejor visualización de los cursos de agua próximos a los lugares donde se encuentra operando la maquinaria pesada, se notó que existen algunos aspectos que pueden llegar a modificar el curso natural del agua debido a la presencia de material de corte, además se puede hacer las siguientes observaciones:

- Existen lugares donde hay vertido de aceites y grasas que si bien no son en gran magnitud constituyen en una fuente de contaminación del agua

***FIGURA N° 39 vertido de Aceites y grasas en terrenos próximos a la operación de maquinaria pesada***



- Dentro de las instalaciones del campamento se dispone de tres tanques de diésel y uno de gasolina mismos que son utilizados por la maquinaria pesada y son transportados mediante una cisterna de diésel.

***FIGURA N° 40 Tanques de almacenamiento de Diésel y gasolina***



- Existe vertido de material de corte, los cuales están bloqueando la circulación natural de los causes de agua

*FIGURA N° 41 curso de agua bloqueado por la presencia de material de corte*



#### **3.4.3.5 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS**

La recolección de muestras constituye la base del proceso de análisis del agua, tanto físico-químico como bacteriológico e hidrobiológico. Solo podemos confiar en el resultado de un análisis si confiamos en la manera como la muestra ha sido recolectada.

El primer paso de este mecanismo de análisis de agua es la recolección de muestras. Luego, el agua recolectada se somete a análisis fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos en este caso se hizo un análisis para cursos de agua naturales, ya que son cursos superficiales que afloran aguas arriba.

Sobre la base de estos análisis, se podrá decir si la muestra cumple con las normas de potabilidad y se podrá detallar cuáles son sus características. A partir de tales análisis, se podrá tomar las debidas precauciones e informar sobre las condiciones del agua analizada.



### 3.4.3.5.1 MÉTODOS ANALÍTICOS

La calidad del agua superficial es una de las variables más afectadas y más importantes a ser monitoreada, durante la construcción de carreteras ya que depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares que indica la ley de medio ambiente 1333 en su ANEXO A (Clase A).

A continuación se explica los métodos de laboratorio usados para determinar las diferentes características del agua recolectada.

*FIGURA N° 42 Vista del laboratorio de muestras de agua*



#### **TURBIDEZ**

El método más empleado para determinar la turbidez del agua es la nefelometría. Se basa en que al incidir en una muestra de agua un rayo luminoso, las partículas en suspensión dispersan parte de la luz que penetra en la muestra. Esa luz dispersada se

recoge sobre una célula fotoeléctrica provocando una corriente eléctrica en función de su intensidad y, por lo tanto, del grado de turbidez de la muestra.

**Método:** Nefelometría o turbidimetría. Turbidímetro de Jackson.

**Unidades:** nefelométricas de formacina U.N.F. o unidades Jackson.

**FIGURA N° 43** *Estudiante realizando el ensayo de Nefelometría con asesoramiento de la especialista en análisis*



## **✚ TEMPERATURA**

Existe una serie de métodos para medir la temperatura de forma continua. La medida de este parámetro se puede hacer de manera sencilla y exacta mediante el empleo de sensores basados en el cambio de la resistencia de un resistor metálico o de un termistor. La termometría de resistencia se basa, pues, en el cambio, en la resistencia de elementos conductores y semiconductores metálicos como una función de la temperatura.

**Método:** Termometría.

Unidades: °C.

*FIGURA N° 44 Estudiante tomando la temperatura de la muestra*



#### **+ pH**

El método de medida más común es usar una celda electroquímica, consistente en un electrodo indicador sensible a la concentración de protones,  $[H^+]$ , un electrodo de referencia y la muestra (como electrolito de la celda). El potencial de la celda está relacionado con el pH.

Electrometría. pH metro.

Unidades pH.

#### **+ SÓLIDOS TOTALES**

La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, pero el resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimenta una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante a 103-105°C.

## CONDUCTIVIDAD

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayor parte de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras. Las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala.

Para la determinación de la conductividad la medida física hecha en el laboratorio es la resistencia, en ohmios o megaohmios. La conductividad es el inverso de la resistencia específica, y se expresa en micromho por centímetro ( $\mu\text{mho/cm}$ ), equivalentes a microsiemens por centímetro ( $\text{CS/cm}$ ) o milisiemens por centímetro ( $\text{mS/cm}$ ) en el Sistema Internacional de Unidades.

***FIGURA N° 45 Determinación de la Conductibilidad del agua***



## ✚ ACEITES Y GRASAS

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal e hidrocarburos del petróleo; de densidad menor que la del agua y de baja o nula biodegradabilidad que forman natas sobre los cuerpos de agua y pueden interferir con el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera.

*FIGURA N° 46 Equipo Soxhet*



Para analizar el contenido de grasas y aceites se hizo uso del método soxhet que es un extractor o simplemente Soxhlet (en honor a su inventor Franz von Soxhlet) es un tipo de material de vidrio utilizado para la extracción de compuestos, generalmente de naturaleza lipídica

***FIGURA N° 47 Equipos utilizados para desarrollar los análisis de agua***



***FIGURA N° 48 Especialista en laboratorios explicando el procedimiento de los métodos de análisis***



**FIGURA N° 49** *Personal de análisis de las diferentes muestras de agua*



Para realizar los análisis de las muestras se contó en todo momento con una especialista en el área de laboratorio quien guío y asesoró en los análisis de las muestras, Posterior a todos los análisis de laboratorios realizados por diferentes métodos se concluyó con la impresión de resultados mismos que se encuentran en Anexos II

### **3.4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS**

#### **3.4.4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS DE RUIDO Y AIRE**

Inicialmente Se realiza una revisión de los datos obtenidos para comprobar la validez y confiabilidad de la información, a fin de garantizar que esta sea lo más objetiva y precisa posible, para que corresponda a la realidad.

Se verifica que la información recopilada en las tablas resumen de las mediciones realizadas sea de buena calidad, cerciorándose que la misma es fidedigna, es decir, cierta, real, apegada a la verdad de los hechos; completa, para que aporte información sobre todas las variables de interés ya que los datos guardan relación con las variables en estudio.

Esta revisión se la hizo tomando en cuenta la cantidad de mediciones para una maquinaria pesada las cuales no variaron unas entre otras en gran magnitud en cuyo caso, se descartarían los valores extremos que pudieran presentarse.

La razón principal por la cual se hizo la revisión es para garantizar que los datos recopilados con que se trabajarán, den respuesta a los objetivos propuestos en la investigación.

Posteriormente se hizo una ordenación y clasificación lo cual consiste en categorizar las variables y ordenar los datos en función a los que objetivos que persigue el estudio, a fin de obtener grupos más homogéneos, creando estratos o clases estadísticas.

Identificándose las siguientes variables

- **RUIDO**

**VARIABLES**

- Decibel Equivalente con una medida en escala
- Tipo de maquinaria identificándose que esta puede tomar valores de los diferentes tipos de maquinaria en estudio como excavadoras, motoniveladoras, volqueta, tractor oruga, etc. La medida de esta variable es nominal debido a que puede ser cualquiera de los tipos de maquinaria en estudio.
- Año de fabricación es una variable con medida en escala.
- Modelo de maquinaria es una variable que puede tomar el valor de acuerdo al modelo de la maquinaria pesada medido este modelo es individual de cada maquinaria como por ejemplo la excavadora 336-D2L o la motoniveladora 140-H la medida de esta variable es nominal.

- **CONTAMINACIÓN DEL AIRE (OPACIDAD)**

**VARIABLES**

- Valor k variable de unidad en  $m^{-1}$ , tipo numérica, con medida en escala.



- Opacidad, es una variable de tipo numérica medida en % con una medida en escala.
- Velocímetro variable con unidades en rpm. De tipo numérica con medida en escala.
- Tipo de maquinaria variable de tipo cadena que puede tener valores de entre los tipos de maquinaria en estudio ya sea motoniveladoras, cargador frontal, etc. Tiene una medida nominal.
- Año de fabricación es una variable de tipo numérica que puede tener diferentes valores en función al año de fabricación de las diferentes maquinarias pesadas en estudio, la medida de esta variable es nominal
- Modelo de maquinaria es una variable del tipo cadena que puede tener valores según el modelo de la maquinaria pesada como por ejemplo la volqueta, su modelo es N7 o la motoniveladora algunas son modelo 140-H y otras FG-105A. con medida nominal

Una vez identificadas las variables que nos ayudarán a cumplir con el objetivo principal de analizar el grado de contaminación al medio ambiente en los componentes aire y ruido por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras se procede a realizar la computación de los datos, esta etapa tiene por finalidad el procesamiento de los datos a través de fórmulas estadísticas. Para ello se hará uso de dichas fórmulas mediante un software estadístico, como lo es el SPSS (Statistical Package for the Social Sciences / Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales).

El paquete estadístico para las ciencias sociales SPSS es un programa estadístico muy popular, su uso es debido a la capacidad de trabajar con bases de datos de gran tamaño. Con tamaños de 2 millones de registros y 250.000 variables.

Además, permite la recodificación de las variables y registros según las necesidades que se tenga. El programa consiste en un módulo base y módulos anexos que son actualizados constantemente con nuevos procedimientos estadísticos

Haciendo uso del SPSS se procedió a ingresar las variables dentro de la base de datos categorizándolas según lo anteriormente explicado.

**FIGURA N° 50 Base de variables para la medición de ruido en maquinarias pesadas**

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	t_medicion	Númerico	8	2	Tiempo de med...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
2	LASEq	Númerico	8	2	Decibel equival...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
3	Tipo_maq	Cadena	25	0	Tipo de maquin...	{1, Excavad...	Ninguna	25	Izquierda	Nominal	Entrada
4	Año_maq	Númerico	8	0	Año fabricacion...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
5	Modelo	Cadena	8	0	Modelo de Maq...	{1, 336-D2L}...	Ninguna	8	Izquierda	Nominal	Entrada
6	año	Númerico	5	0	Año fabricacion...	{1, 1976 - 1...	Ninguna	10	Derecha	Ordinal	Entrada
29											

**FIGURA N° 51 Base de variables para el test de opacidad en maquinarias pesadas**

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Valor_K	Númerico	8	2	Valor K	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
2	Opacidad	Númerico	8	2	Opacidad %	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
3	RPM	Númerico	8	0	Velocimetro	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
4	Tipo_maq	Cadena	25	0	Tipo de maquin...	{1, Excavad...	Ninguna	25	Izquierda	Nominal	Entrada
5	Año_maq	Númerico	8	0	Año fabricacion...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
6	Modelo	Cadena	8	0	Modelo de Maq...	{1, 336-D2L}...	Ninguna	8	Izquierda	Nominal	Entrada
7	año	Númerico	5	0	Año fabricacion...	{1, 1976-19...	Ninguna	10	Derecha	Ordinal	Entrada
8											
29											

Una vez ingresadas las variables identificadas y categorizadas las variables según su tipo, valor, medida, etc. se procedió a ingresar los datos de las diferentes mediciones,

teniendo cuenta de ingresar en orden y según la codificación que se le dio de acuerdo a las variables ingresadas.

**FIGURA N° 52 Base de datos clasificados según la variable para la medición de Ruido en la maquinaria pesada**

	t_medicion	LASeq	Tipo_maq	Año_maq	Modelo	año	var	var	var
409	5,00	77,00	6	2008	9		4		
417	5,00	77,00	6	2008	9		4		
418	5,00	78,50	6	2008	9		4		
419	5,00	76,00	6	2008	9		4		
420	5,00	83,30	6	2008	9		4		
421	5,00	83,40	7	1976	10		1		
422	5,00	80,20	7	1976	10		1		
423	5,00	83,00	7	1976	10		1		
424	5,00	80,80	7	1976	10		1		
425	5,00	82,60	7	1976	10		1		
426	5,00	84,30	7	1976	10		1		

**FIGURA N° 53 Base de datos clasificados según variable para el test de opacidad**

	Valor_K	Opacidad	RPM	Tipo_maq	Año_maq	Modelo	año	var	var
175	,12	4,96	2100	3	2002	6		2	
176	,11	4,78	2010	3	2002	6		2	
177	,11	4,76	2000	3	2002	6		2	
178	,14	5,56	2400	3	2002	6		2	
179	,12	5,16	2200	3	2002	6		2	
180	,14	5,76	2500	3	2002	6		2	
181	,19	12,76	2000	3	2002	7		2	
182	,19	12,76	1999	3	2002	7		2	
183	,22	13,76	2500	3	2002	7		2	
197	,06	2,94	2000	6	2010	8		4	
198	,06	2,99	2020	6	2010	8		4	
199	,06	3,00	2025	6	2010	8		4	
200	,06	2,97	2010	6	2010	8		4	
201	,06	3,00	2025	6	2010	8		4	
202	,06	2,94	2000	6	2010	8		4	

**CUADRO N° 26 Resumen estadístico de las mediciones de Ruido**

<b>ESTADÍSTICOS</b>			
<b>VARIABLE</b>		<b>Decibel Equivalente</b>	<b>Año Fabricación Maquinaria</b>
<b>N</b>	<b>Válido</b>	450,00	450,00
	<b>Perdidos</b>	0,00	0,00
<b>Media</b>		78,48	2002
<b>Error estándar de la media</b>		0,17	0,41
<b>Mediana</b>		78,45	2001
<b>Moda</b>		80,10	1998 <sup>a</sup>
<b>Desviación estándar</b>		3,61	8,70
<b>Varianza</b>		13,00	75,70
<b>Rango</b>		17,60	38,00
<b>Mínimo</b>		71,10	1976
<b>Máximo</b>		88,70	2014
<b>Percentiles</b>	25	75,80	1998
	50	78,45	2001
	75	80,65	2008

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO N° 27 Resumen estadístico del test de opacidad**

<b>ESTADISTICOS</b>					
<b>VARIABLE</b>		<b>Año fabricación</b>	<b>Valor k</b>	<b>Opacidad %</b>	<b>Velocímetro</b>
<b>N</b>	<b>Válido</b>	225,00	225,00	225,00	225,00
<b>Media</b>		2001,73	0,69	23,55	2031,48
<b>Error estándar de la media</b>		0,58	0,05	1,41	6,19
<b>Mediana</b>		2001	0,25	12,96	2005
<b>Moda</b>		1998 <sup>a</sup>	0,06	7,60	2000
<b>Desviación estándar</b>		8,71	0,83	21,10	92,99
<b>Varianza</b>		75,87	0,68	445,24	8647,16
<b>Rango</b>		38,00	2,37	63,74	560
<b>Mínimo</b>		1976	0,05	2,94	1980
<b>Máximo</b>		2014	2,42	66,68	2540
<b>Percentiles</b>	25	1998	0,18	7,75	2000
	50	2001	0,25	12,96	2005
	75	2008	1,39	42,73	2020

Fuente: Elaboración propia

El procesamiento a detalle se puede observar en el ANEXO III, donde se muestra, frecuencias, tablas, gráficos, y toda la estadística realizada para obtener la información que posteriormente será analizada.

#### 3.4.4.2 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA

En el componente agua una vez realizados los análisis por los métodos anteriormente indicados se presenta los resultados que serán objeto de análisis mismos que fueron seleccionados en función a los requerimientos de la ley de medio ambiente 1333 para las aguas pertenecientes a la CLASE A , el detalle completo de los análisis se muestra en ANEXOS II

**CUADRO N° 28 Resultados de análisis de Datos Generales del agua**

<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>FUENTE</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	m.s.n.m.	-	2200	2300	2200
<b>2</b>	Temperatura ambiental – In situ	°C	10	12	12
<b>ANÁLISIS FÍSICO</b>					
<b>1</b>	Temperatura	°C	16.20	16.10	17,00
<b>2</b>	Turbiedad	NTU	198.00	178,00	168,00
<b>3</b>	pH		7.50	7.10	6.90
<b>4</b>	Conductividad	uS/cm	500.30	583,00	483,00
<b>5</b>	Sólidos totales disueltos	mg/l	250.18	219.96	119.59
<b>6</b>	Sólidos en suspensión	mg/l	229.15	198.93	98.38

<b>ANÁLISIS FÍSICO</b>					
<b>FUENTE</b>			<b>FUENTE</b>	<b>FUENTE</b>	<b>FUENTE</b>
<b>7</b>	Sólidos totales	mg/l	677.98	634.56	534.57
<b>8</b>	Color	APHA	85.90	92.80	74.56

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO N° 29 Resultados de Análisis químico realizado a las muestras de Agua**

<b>ANÁLISIS QUIMICO</b>					
<b>FUENTE</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	Oxígeno Disuelto – In Situ	mg/l	6.70	5.70	6.10
<b>2</b>	% de saturación	%	73.80	63.80	73.40
<b>3</b>	Demanda bioquímica de Oxígeno	mg/l	3.20	2.20	2,00
<b>4</b>	Demanda Química de oxígeno	mg/l	5.08	5.08	4.10
<b>5</b>	Fósforo Total	mg/l	0.20	0.19	0.25
<b>6</b>	Aceites y Grasas	mg/l	0.30	ND	ND
<b>7</b>	Cloruros	mg/l	45.25	25.27	35.57

## ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

FUENTE			1	2	3
1	Coliformes Fecales	NMP/ 100ml	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Fuente: Elaboración propia



## **CAPÍTULO IV “RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS”**

### **4. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En el capítulo que se expone a continuación se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de ruido, test de opacidad y resultados de laboratorios de agua. Realizados a las maquinarias pesadas dentro del proyecto en construcción Puerta al Chaco- Canaletas, durante la etapa de movimiento de tierras.

Para llevar a cabo un análisis de forma más clara se realizará el análisis por medio de cuadros y figuras.

#### **4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN**

##### **4.1.1 COMPONENTE RUIDO**

Posterior al procesamiento de datos donde se realizó todos los cálculos estadísticos pertinentes mismos que se pueden observar en el ANEXO III, se procede al análisis e interpretación de los resultados obtenidos en función a las variables que fueron objeto de estudio.

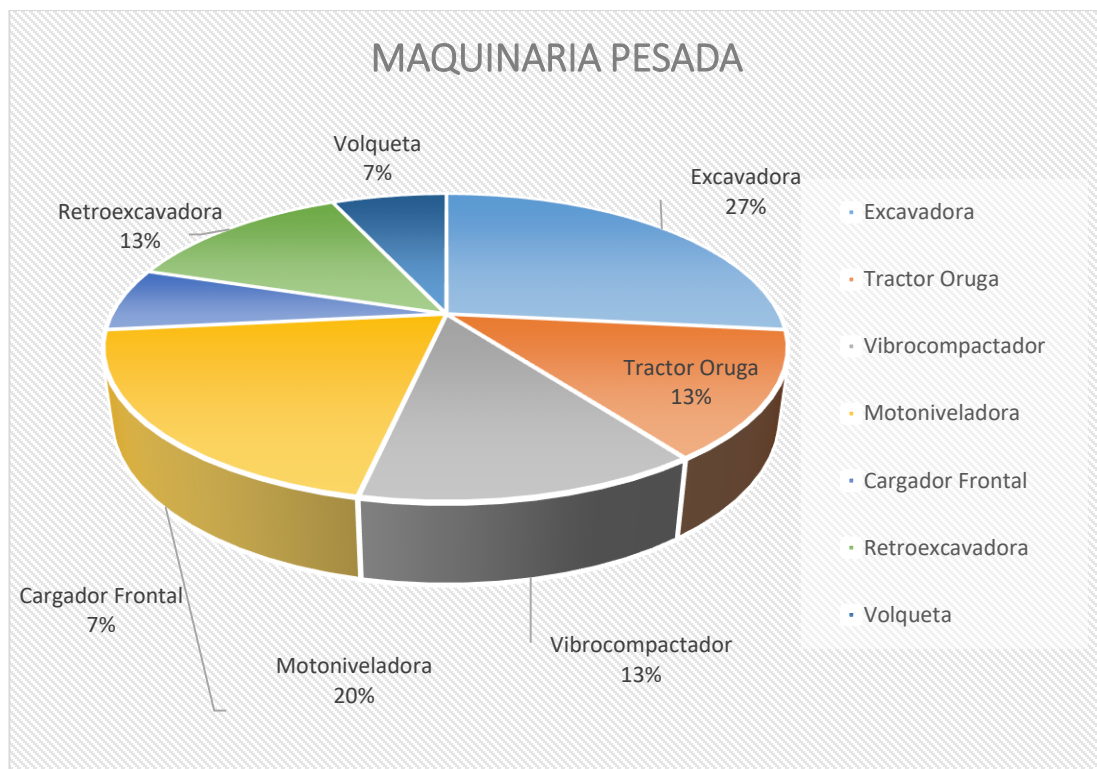
*CUADRO N° 30 Emisión de ruido (decibel equivalente) en función al año de fabricación de la maquinaria pesada.*

<b>AÑO FABRICACIÓN MAQUINARIA</b>	<b>DECIBEL EQUIVALENTE (dB)</b>
<b>1976 - 1999</b>	79,72
<b>1999-2003</b>	78,60
<b>2007- 2011</b>	77,55
<b>2011- 2015</b>	77,06

Fuente: Elaboración propia

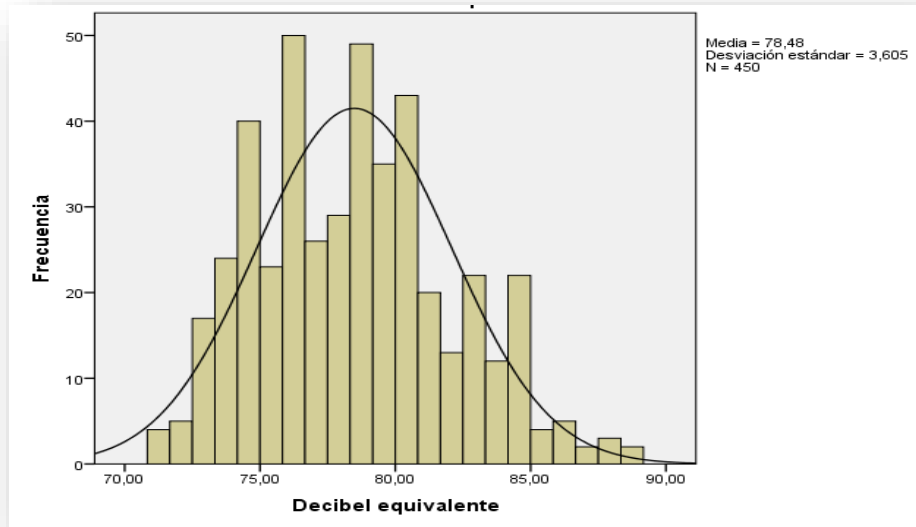
Como se observa en el cuadro anterior del total de maquinaria pesada que fue objeto de estudio los mayores valores de ruido son generados por la maquinaria pesada más antiguas en este caso correspondientes a la del intervalo de entre 1976 – 1999, mientras que los valores más bajos de ruidos los emiten las maquinarias pesadas de años recientes pertenecientes al intervalo de 2011-2015

**FIGURA N° 54 Cantidad de cada tipo de maquinaria pesada**



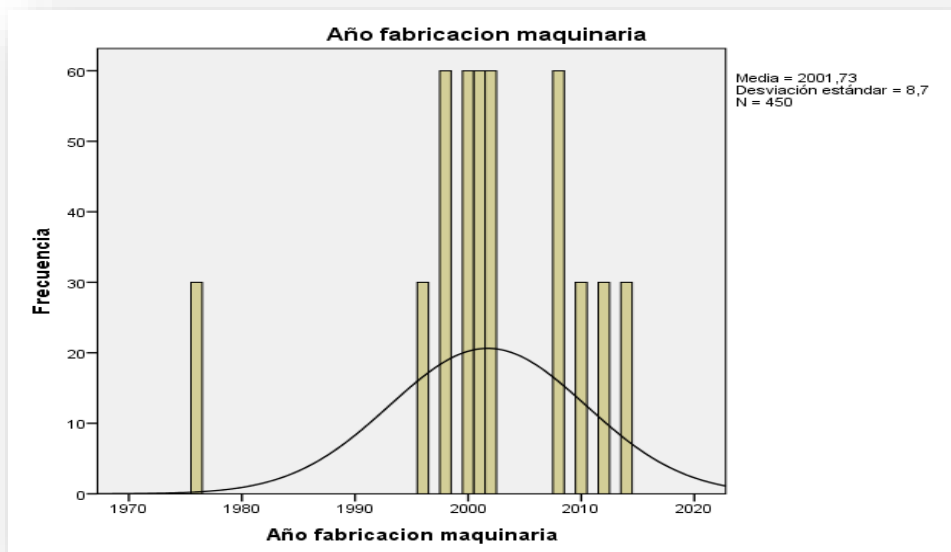
Como se observa en la figura 54 el mayor porcentaje de la maquinaria pesada que fue objeto de estudio corresponde a las excavadoras con un 27% seguida por las motoniveladoras 20% y tractor oruga 13%

**FIGURA N° 55 Frecuencias de los decibeles medidos en la maquinaria pesada**



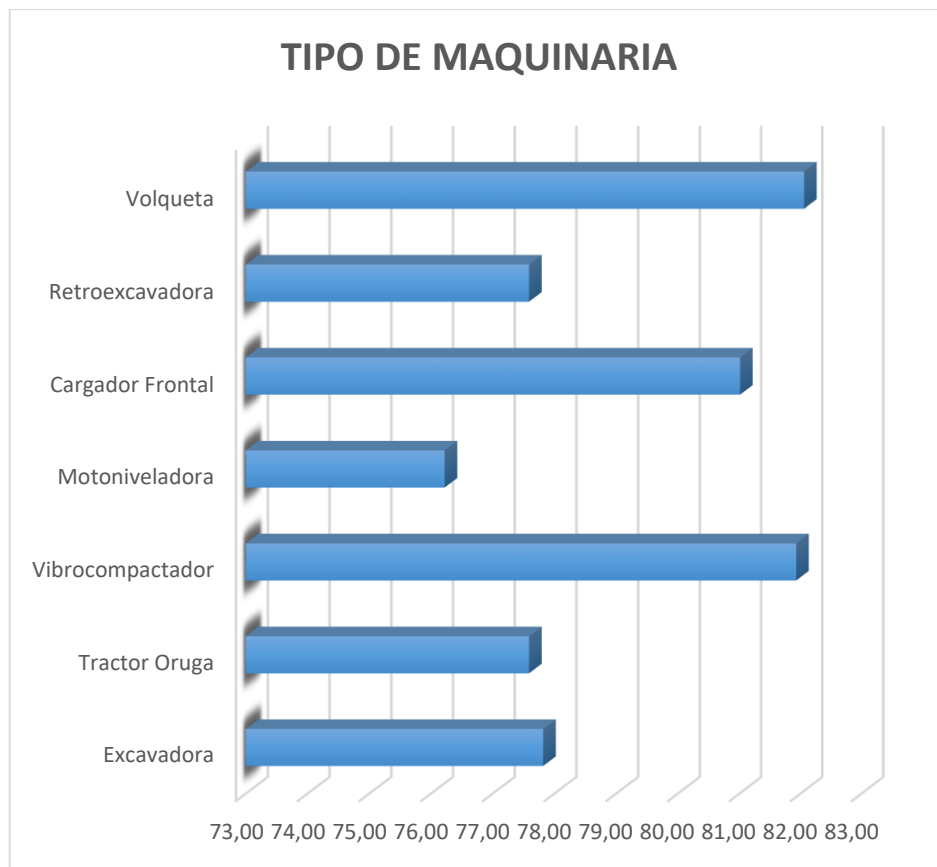
En la figura 55 se muestran los decibeles medidos y la frecuencia que estos tuvieron en relación a todas las mediciones de decibeles realizadas obteniéndose una media de 78.48 dB.

**FIGURA N° 56 frecuencias del año de fabricación de la maquinaria pesada**



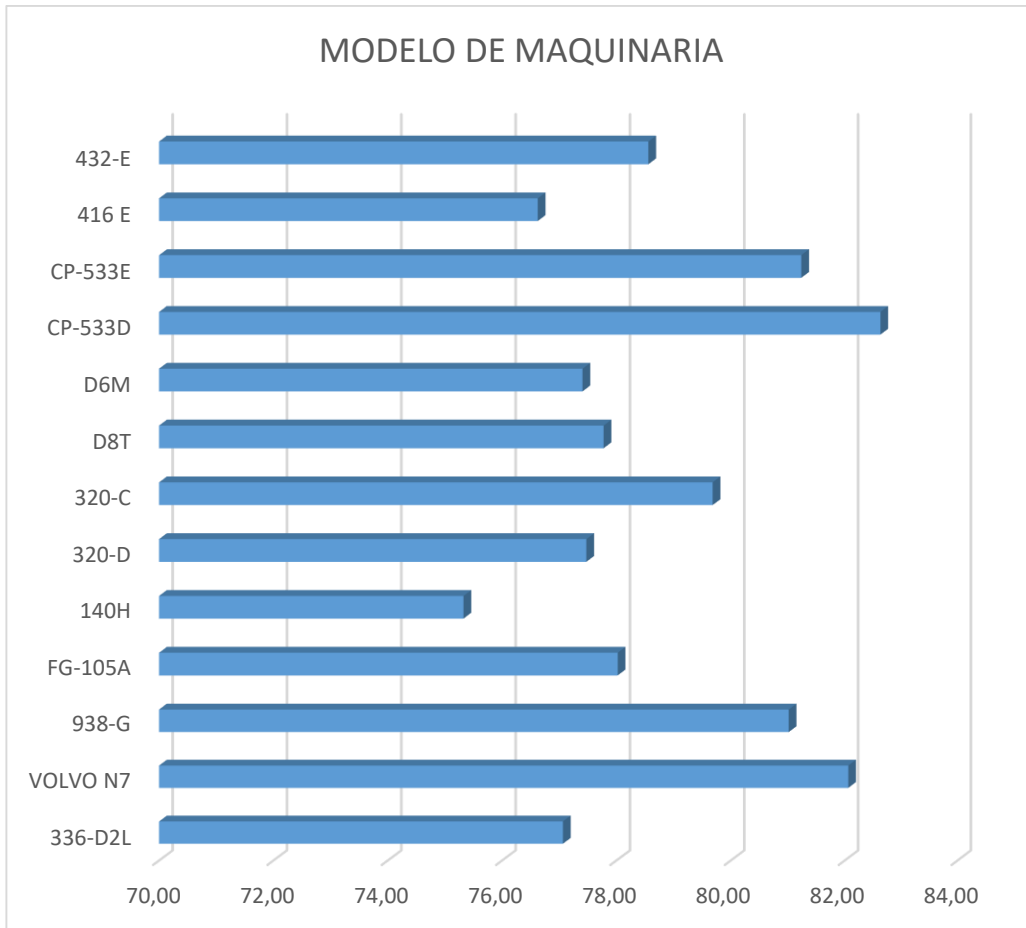
En la figura 56 se observa la frecuencia del año de fabricación de la maquinaria pesada que fue objeto de estudio teniéndose como media el año 2002, lo cual se atribuye al hecho de que el 66.66% de la maquinaria en la que se midió el ruido tiene un año de fabricación entre el año 1998 y 2008.

**FIGURA N° 57 Nivel de ruido generado en función al tipo de maquinaria pesada**



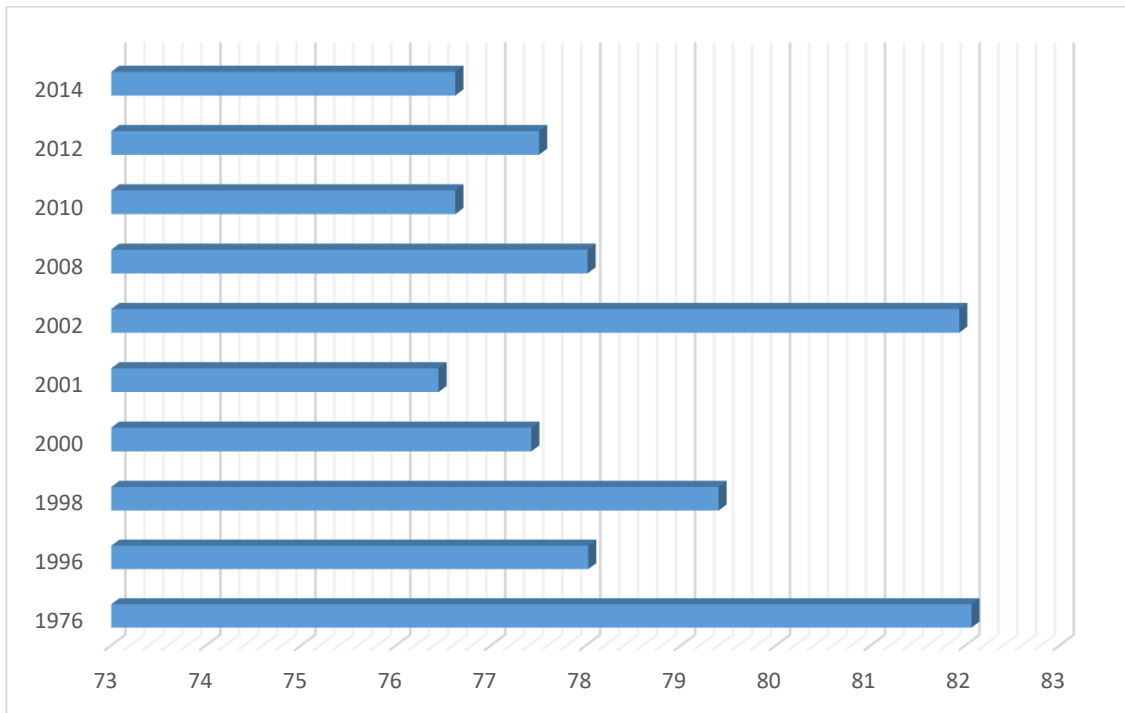
En la figura 57 se puede observar que según el tipo de maquinaria pesada los que generan más altos niveles de ruido son las volquetas con 82 dB, por el contrario las motoniveladoras son las que poseen los más bajos niveles de ruido con 76 dB

**FIGURA N° 58 Generación de ruido según el modelo de maquinaria pesada**



En la figura 58 se tiene la generación de ruido en función al modelo de maquinaria pesada, resultando los valores más altos para los modelos CP- 533D (Vibrocompactador Liso) y VOLVO N7 (Volqueta) con un valor medio de 82 dB. Por el contrario los valores más bajos de emisión de ruido se atribuyen al modelo 140H (Motoniveladoras Caterpillar) con una media de 75 dB.

**FIGURA N° 59** *Decibeles equivalentes en función al año de fabricación*



En la figura 59 se tiene que para maquinarias pesadas con año de fabricación más antiguos como es el caso de 1976 los niveles de presión sonora LASeq son mayores con 82 dB por el contrario los de años más recientes como el 2014 los niveles de presión sonora son menores como es el caso del año 2014 donde la presión sonora no excede los 76 dB

#### **4.1.1.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En base a los resultados estadísticos de las mediciones del nivel de presión sonora LASeq se puede evidenciar que existe un pequeño porcentaje de 0,2% de maquinarias pesadas que sobre pasan los límites permisibles de emisión de ruido permitidos por la Ley de Medio Ambiente 1333 .con valores de 88,70 dB los cuales en la construcción de un tramo carretero pueden prolongarse hasta más de 8 horas continuas de duración,

generando molestia daños en la población aledaña, migración de la fauna, problemas de salud en los operadores, etc. Los niveles altos de ruido se deben principalmente al estado del motor y al tipo de trabajo que realiza la maquinaria ya que a mayor esfuerzo se requerirá mayor potencia.

Sin embargo 75% de la maquinaria pesada genera ruidos menores a 80,65 dB, los cuales si bien no sobrepasan los límites permitidos por la ley 1333 pero se constituyen un elevado ruido para la zona ya que se debe tomar en cuenta que se encuentra en una zona al aire libre donde no interfieren otros ruidos, dentro del casco urbano los niveles de ruido de las maquinarias pesadas oscilan en valores próximos a los 90 dB. Notándose una diferencia mínima de aproximadamente 10 dB. El ruído normal del ambiente en la ciudad es de 55dB mientras que en las zonas rurales es de 30 dB -35 dB donde se nota una diferencia de 20 dB la cual no se repite en las maquinarias pesadas.

El 50 % de la maquinaria pesada emite ruidos de 78.48 dB, las maquinarias pesadas conforme pasa el tiempo van cambiando, se van desgastando y si no tienen un mantenimiento constante del motor generan más ruido debido al esfuerzo mayor que debe hacer el motor para realizar un determinado trabajo, además mucho influye el mantenimiento del motor controlándose cosas como el estado del escape, catalizador, fallos en las gomas de sujeción, etc.

Se evidencia la tendencia a aumentar el nivel de presión sonora en función al aumento de antigüedad de la maquinaria pesada, para maquinarias pesadas con mayor antigüedad en este caso la volqueta que tiene año de fabricación 1976 el valor de la presión sonora es 82 dB, niveles próximos a los límites establecidos en ley 1333, esto se debe a la antigüedad del motor, el tipo de mantenimiento que tuvo y a las tecnologías con las que fue fabricado ya que años antes no era tan importante para la ciudadanía como lo es ahora el control de la generación de ruidos.

Existe la tendencia a disminuir los niveles de presión sonora conforme más nueva sea la maquinaria pesada en cuestión notándose diferencias ruido de 6 dB, esta tendencia no se evidencia para todos los casos ya que las maquinarias pesadas con año de fabricación 2002 poseen niveles de presión sonora similares a la del año de fabricación 1976, esto se debe en esencia a que las maquinarias pesadas del año 2002 son vibrocompactadores los cuales al realizar cualquier tipo de trabajo ejercen un gran esfuerzo por ende necesitan mayor potencia generando altos niveles de ruido

El 20% de la maquinaria pesada genera niveles de presión sonora de 75 dB, los mismos que además de cumplir con los límites permisibles de la ley 1333 se encuentran por debajo del límite con aproximadamente 10dB

**CUADRO N° 31 Grado de contaminación de ruido**

<b>GRADO DE CONTAMINACION</b>	<b>RANGO dB</b>	<b>VALOR DE DECIBEL EQUIVALENTE</b>
<b>ALTO</b>	84	78.48
<b>MEDIO</b>	50 - 65	-
<b>BAJO</b>	20	-

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 31 el nivel de contaminación de ruido es alto haciendo una comparación de la media de los decibeles medidos en las diferentes maquinarias pesadas y los estándares de ruido normales para las personas.



#### 4.1.2 COMPONENTE AIRE

A continuación se muestra los resultados de los procesamientos de datos obtenidos del test de opacidad para las maquinarias pesadas que fueron objeto de estudio, mismas que se encuentran en el proyecto en construcción Puerta al Chaco – Canaletas, el proceso completo se lo puede observar en ANEXOS III

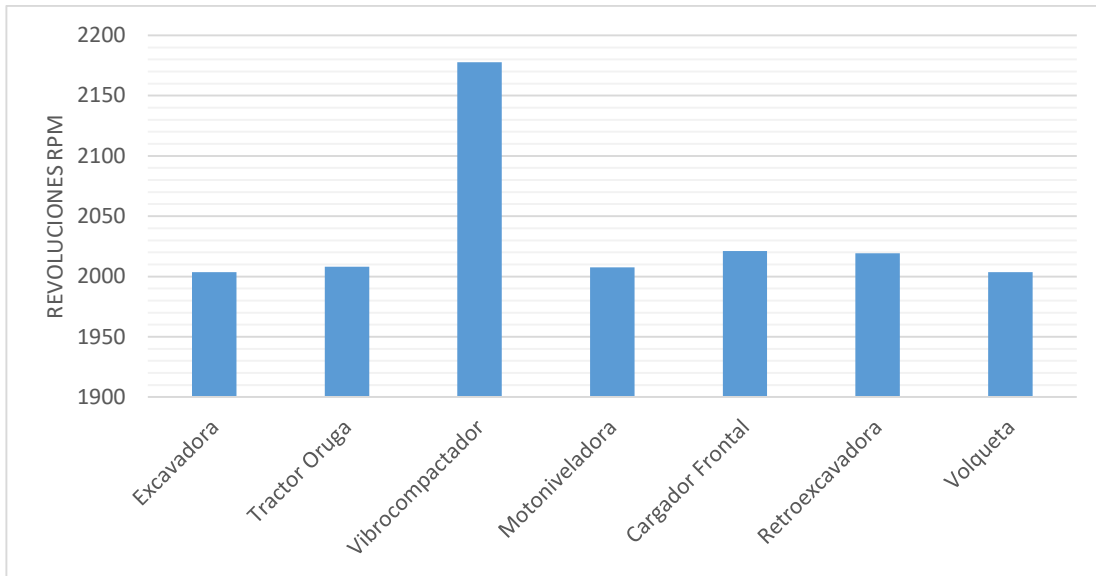
**CUADRO N° 32 Opacidad en valor k y porcentaje en función al año de fabricación de la maquinaria pesada.**

<b>AÑO FABRICACIÓN MAQUINARIA</b>	<b>OPACIDAD %</b>	<b>OPACIDAD VALOR K (m<sup>-1</sup>)</b>
<b>1976 - 1999</b>	39.04	1.30
<b>1999-2003</b>	15.94	0.40
<b>2007- 2011</b>	21.46	0.70
<b>2011- 2015</b>	18.51	0.30

Fuente: Elaboración propia

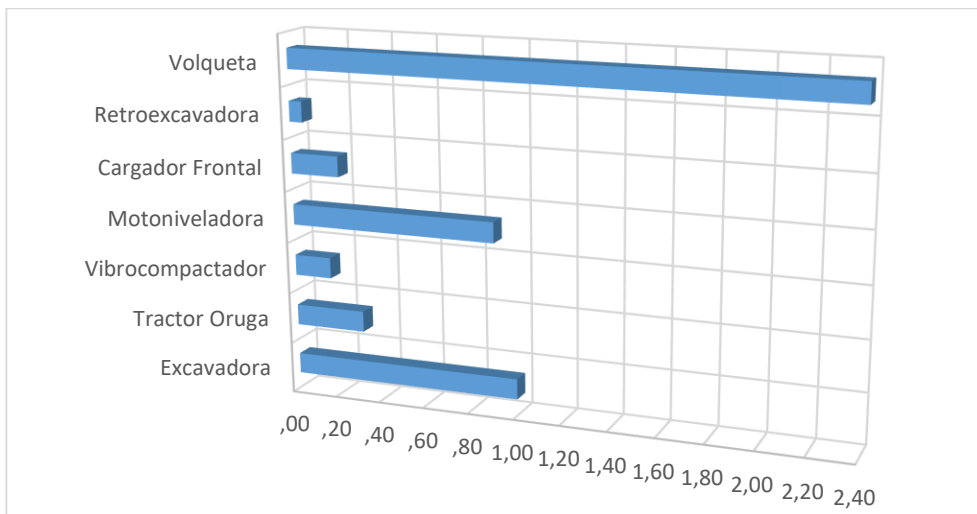
En el cuadro 32 se tiene que para el intervalo de año de fabricación entre 1976-1999 la opacidad es 39.04% y 1.30 m<sup>-1</sup> en valor k siendo los valores más altos de opacidad generada, por el contrario los años de fabricación más recientes como el intervalo 2011-2015 el grado de opacidad es menor 18.51 % y 0.30 m<sup>-1</sup> en valor k.

**FIGURA N° 60** *Revoluciones RPM en función al tipo de maquinaria pesada*



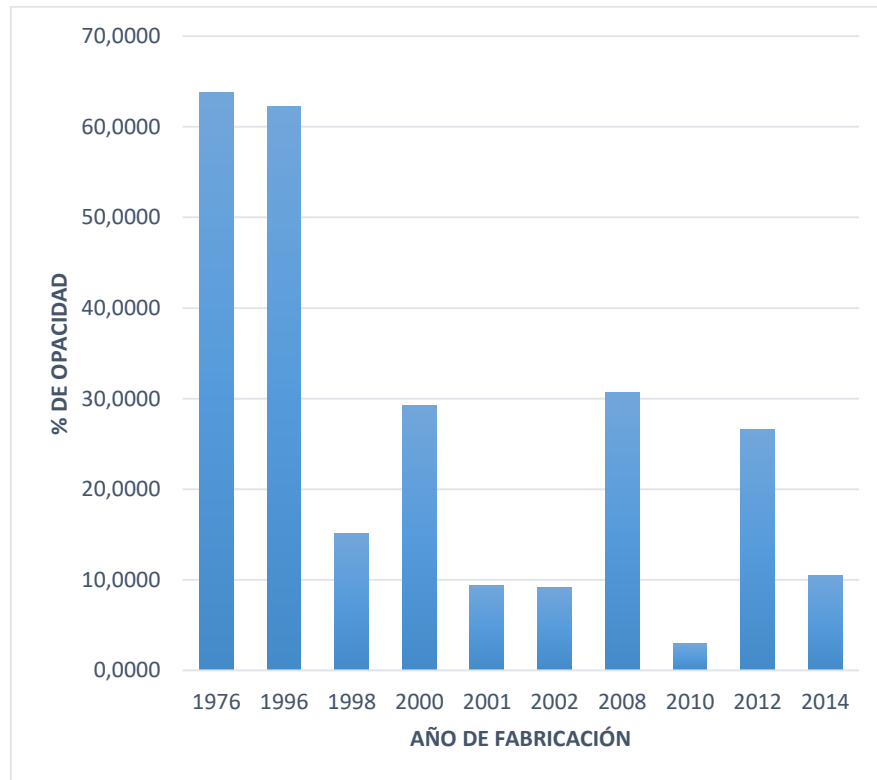
En la figura 60 se puede observar que el valor más alto es para el Vibrocompactador lo cual indica que en promedio se realizó el test de opacidad a 2178 rpm, mientras que el valor más bajo es para la volqueta y excavadora el test se lo realizó a 2004 rpm.

**FIGURA N° 61** *Opacidad en valor k para los distintos tipos de maquinaria*



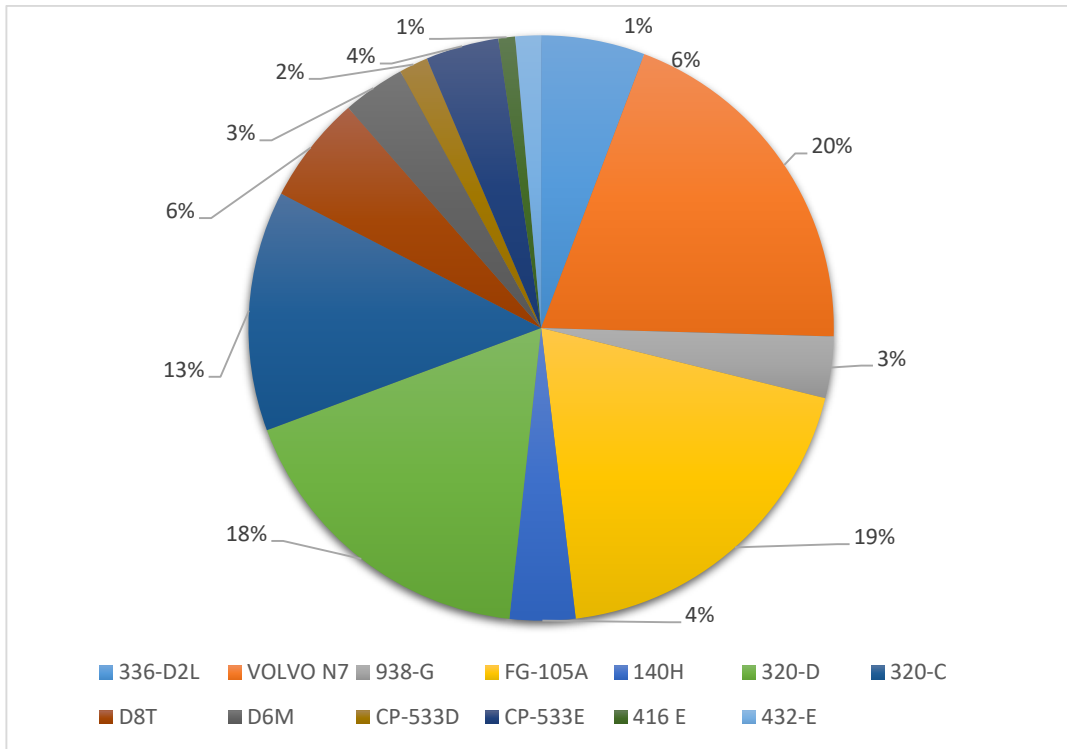
En la figura 61 se nota claramente que el valor mayor de opacidad en valor  $k\ m^{-1}$  lo genera la volqueta mientras que los valores menores de opacidad los genera la retroexcavadora.

**FIGURA N° 62 Opacidad en % según el año de fabricación**



En la figura 62 se muestran los resultados del test de opacidad en función al año de fabricación de la maquinaria pesada obteniéndose valores más altos para maquinarias con mayor antigüedad, 64% de opacidad para maquinarias con año de fabricación 1976.

**FIGURA N° 63 Opacidad según el modelo de maquinaria pesada**

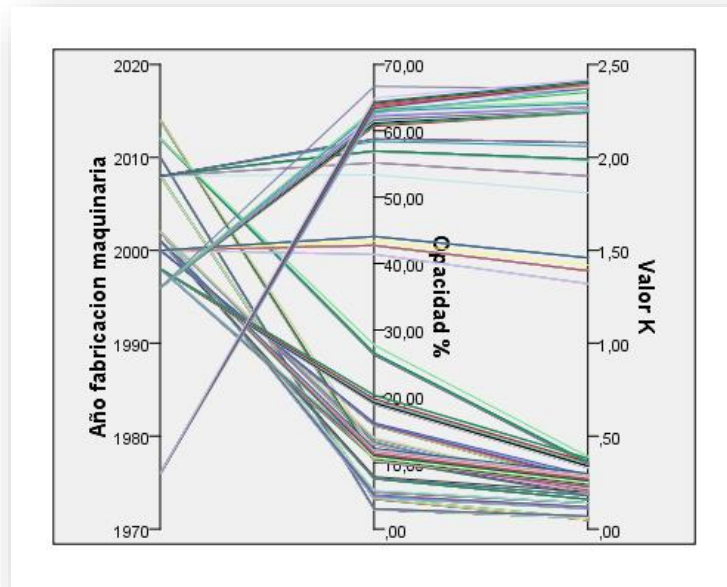


En la figura 63 se expresan los valores de contaminación en el componente aire con relación al modelo de maquinaria, siendo las que mayor contaminación generan el modelo VOLVO N7 (Volqueta) constituyendo un 20% del total de la contaminación del aire.

#### **4.1.2.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

El 20% de la contaminación del aire es generado por la maquinaria pesada VOLVO N7 (Volqueta), siguiendo en importancia con un 19% el modelo FG-105A (Motoniveladora), las mismas que se constituyen en los dos grandes generadores de mayor grado de opacidad.

**FIGURA N° 64** Opacidad en función al año de fabricación de la maquinaria pesada



Existe una tendencia a aumentar los grados de contaminación de aire en función a la antigüedad de la maquinaria pesada notándose que para maquinarias pesadas con año de fabricación 1976 el valor de la opacidad corresponde con niveles elevados como 64% esto se atribuye principalmente al estado del motor, filtro de partículas, sistema de inyección, filtros de aire, combustible, sistema de escape, calentador diésel, etc., los cuales si uno o más se encuentra en mal estado o mal funcionamiento aportan a un mayor grado de opacidad y por ende mayor efecto en el medio ambiente al construir una carretera, además un aspecto muy importante es que si bien hoy la volqueta no supera los límites de opacidad establecidos en la norma NB 62002 no lo hace por poco y la degradación de la maquinaria en tales condiciones es rápida motivo por el cual es recomendable dar de baja a esta maquinaria pesada que ya cumplió con su periodo de vida útil y más allá de representar un beneficio para la empresa representa un foco de contaminación de aire el cual puede derivar en varios problemas para la empresa, vecinos aledaños a la construcción, personal que se encuentra trabajando dentro de la obra, la fauna y flora.

Existe la tendencia a disminuir el grado de contaminación del aire, conforme más nueva sea la maquinaria pesada, se registran valores de opacidad de 10% para maquinarias pesadas con año de fabricación 2014, esta tendencia se cumple salvo algunas excepciones como en el año 2010 se obtuvo un 3% de opacidad que se constituye en el valor menor, esto se debe en esencia al tipo de maquinaria ya que tomándose en cuenta que la mayor parte de la maquinaria con año de fabricación 2014 son excavadoras las cuales difícilmente salen de la obra para hacerles mantenimiento sino que deben esperar a un traslado de obra o en su defecto a algún desperfecto para que se les realice el mantenimiento respectivo por los elevados costos de traslado por ser las maquinarias que necesitan de un camión lowoy para trasladarse, mientras las maquinarias con año de fabricación 2010 son retroexcavadoras mismas que al poseer llantas de goma tienen un desplazamiento más fácil pudiendo acceder a mantenimientos en mejores condiciones que las excavadoras.

El 51% de la maquinaria pesada usada dentro del tramo en construcción Puerta al Chaco – Canaletas presenta niveles de opacidad de 24% y  $0.7\text{m}^{-1}$  en valor k, los cuales son relativamente bajos considerando el límite permitido por la norma NB 62002 el cual para una altura de entre 1500 – 3000 msnm establece un límite de opacidad de 70% y  $2.8\text{m}^{-1}$  en valor k, destacándose que en su mayoría la maquinaria pesada en cuestión está por muy debajo de estos límites.

El 75% de la maquinaria pesada utilizada en la construcción del proyecto en construcción Puerta al Chaco – Canaletas, tiene valores de opacidad menores a 1.39 en valor k y 42.73% mismas mediciones que fueron realizadas a una velocidad media de 2020 rpm, el año de fabricación de esta maquinaria es menor al 2008, notándose que además de cumplir con no sobrepasar los límites permisibles de opacidad de la norma se realizaron las mediciones del test dentro de los parámetros de velocidad a las cuales debe hacerse el test de opacidad (2000 rpm), razón por la cual los resultados obtenidos poseen un alto grado de confiabilidad.

Los altos grados de opacidad, causan daños a la vegetación dichos daños son en esencia a los bosques que son muy importantes así como la disminución de la productividad en zonas agrícolas. Los daños se deben principalmente al efecto de la precipitación o lluvia ácida y a los oxidantes fotoquímicos. Una característica importante de estas formas de contaminación es que sus impactos van más allá de la escala local, afectando amplias regiones que en ocasiones rebasan las fronteras del lugar generador de la contaminación.

La contaminación del componente aire además de verse afectada por los altos grados de opacidad que pudieran generar las maquinarias pesadas en la construcción de carreteras también se ve afectada por la generación de polvo en el transporte de materiales el cual además de también perjudicar al componente agua, daña la vegetación, la comodidad, confort de las casas aledañas a la construcción y a los usuarios del tramo carretero.

**CUADRO N° 33 Grado de Contaminación Aire**

<b>GRADO DE CONTAMINACIÓN</b>	<b>RANGO EN %</b>	<b>OPACIDAD</b>
		<b>%</b>
<b>ALTO</b>	60 -70	-
<b>MEDIO</b>	30 - 60	-
<b>BAJO</b>	0 - 30	23.54

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 33 la contaminación en el aire que genera la maquinaria pesada es baja tomando como parámetro la media de las mediciones realizadas.

### 4.1.3 COMPONENTE AGUA

Para determinar la afectación al componente agua es preciso comparar los resultados de los análisis de agua obtenidos con los límites o rangos permisibles por la ley 1333 en su ANEXO A.

En el artículo 6 se hace mención a los parámetros básicos los mismos que se muestran a continuación.

**CUADRO N° 34. Parámetros básicos contemplados en el ANEXO A de la ley 1333**

<b>PARÁMETROS BÁSICOS</b>	
<b>DBO5</b>	< 2
<b>DQO</b>	< 5
<b>Colifecales NMP</b>	<50 y <5 en 80%
<b>Oxígeno Disuelto</b>	>80% sat
<b>Arsénico Total</b>	0.05 As
<b>Cadmio</b>	0.005
<b>Cianuros</b>	0.02
<b>Cromo Hexavalente</b>	0.05c Cr.
<b>Fosfato Total</b>	0.40 c Orthosof
<b>Mercurio</b>	0.001 Hg
<b>Plomo</b>	0.05 c Pb



PARÁMETROS BÁSICOS	
<b>Aldrin</b>	0.03
<b>Clordano</b>	0.30
<b>Dieldrin</b>	0.03
<b>DDT</b>	1.00
<b>Endrin</b>	0,00
<b>Malation</b>	0.04
<b>Palation</b>	0,00

Fuente: Reglamento de Contaminación Hídrica

#### 4.1.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

A continuación se muestra una tabla resumen de todos los parámetros analizados en laboratorio.

**CUADRO N° 35 Comparación de Datos Generales y Análisis físico de las fuentes de agua con los límites establecidos por la ley 1333**

DATOS GENERALES			F1	F2	F3	
<b>1</b>	m.s.n.m	-	2200	2300	2200	
<b>2</b>	Temperatura ambiental – In situ	°C	10	12	12	
ANÁLISIS FÍSICO			F1	F2	F3	CLASE A
<b>1</b>	Temperatura	°C	16.20	16.10	17,00	+/-3°C
<b>2</b>	Turbiedad	NTU	198.00	178,0	168,0	<10

ANÁLISIS FÍSICO		F1	F2	F3	CLASE A	
3	pH		7.50	7.10	6.90	6.0 a 8.5
4	Conductividad	uS/cm	500.30	583	483	-
5	Sólidos totales disueltos	mg/l	250.18	219.9	119.5	1000
6	Sólidos en suspensión	mg/l	229.15	198.9	98.38	-
7	Sólidos totales	mg/l	677.98	634.5	534.5	-
8	Color	APHA	85.90	92.80	74.56	<10

Fuente: Elaboración Propia

La turbiedad en el agua en las 3 fuentes es mucho mayor al límite máximo de 10 debido a las grandes excavaciones, movimiento de tierra carga y descarga de materiales, transporte de materiales los cuales están turbidez normal del agua.

El pH en las 3 fuentes de agua se encuentra dentro los límites permisibles de la ley 1333 ley del medio ambiente Anexo A clasificación de agua Clase A.

Los sólidos totales en ninguna de las fuentes sobre pasaron los límites permisibles por la ley 1333.

El color del agua en todas las fuentes sobrepasó en gran medida, esto es debido a la presencia de materiales disueltos y suspendidos dentro del agua, tales como algas y demás partículas las cuales además de influir en la turbidez del agua también influyen en el color, así como también hay presencia de material orgánico minerales, etc. Estas

fuentes de agua se ven afectadas principalmente por las excavaciones y transporte de tierras los cuales constantemente están afectando su turbidez y por ende su color

**CUADRO N° 36 Comparación Análisis Químico de las fuentes de agua con los límites permisibles de la Clase A establecidos en la ley 1333**

ANÁLISIS QUÍMICO			F1	F2	F3	CLASE A
1	Oxígeno Disuelto – In Situ	mg/l	6.70	5.70	6.10	-
2	% de saturación	%	73.80	63.80	73.40	>80%
3	Demanda bioquímica de Oxígeno	mg/l	3.20	2.20	2,00	<2,00
4	Demanda Química de oxígeno	mg/l	5.08	5,70	4.10	<5,00
5	Fósforo Total	mg/l	0.20	0.19	0.25	0.40
6	Aceites y Grasas	mg/l	0.30	ND	ND	Ausentes
7	Cloruros	mg/l	45.25	25.27	35.57	250,00
ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO			F1	F2	F3	CLASE A
1	Coliformes Fecales	NMP/100ml	0.00E+	0.00E+0	0.00E+0	<50,00

Fuente: Elaboración Propia

El porcentaje de saturación es menor al mínimo permitido por la ley 1333 para la clase de agua A, lo cual nos indica que no está dentro las aguas naturales de máxima calidad y que no es habilitada para el consumo humano sin embargo a esta cantidad de % de saturación es adecuada para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.

La demanda bioquímica de oxígeno en dos de las fuentes no cumple con lo establecido en la ley 1333 debido que son valores mayores al máximo establecido solo una de las fuentes posee el valor en el límite.

La demanda química de oxígeno en dos de las fuentes analizadas sobrepasa el límite permitido y una de las fuentes cumple con el valor por debajo del límite permitido por la ley del medio ambiente 1333.

La cantidad de fósforo presente se encuentra dentro de los límites permitidos por la ley 1333 ley del medio ambiente Clase A

Se evidencio que si bien en 2 de las fuentes no existe aceites y grasas, en la primera fuente existe la presencia de aceites y grasas con 0.3 ml/l lo cual nos indica que está fuera de lo establecido en la ley 1333 para la Clase A, donde indica que los aceites y grasas deben estar ausentes en el agua.

Esta presencia de aceites y grasas nos indica que en aguas arriba de la toma de muestra hubo algún vertido de aceites y/o lubricantes usados para las maquinarias pesadas dentro de la construcción de la carretera.

Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. El sabor salado del agua, producido

por los cloruros, es variable y dependiente de la composición química del agua, como resultado de los análisis se nota que se encuentran muy por debajo del límite según la Ley 1333. Lo cual indica que la máxima concentración permisible de cloruros en el agua es de 250 ml/l, este valor se estableció más por razones de sabor, que por razones sanitarias.

En ninguna de las 3 fuentes existe coliformes fecales de manera que cumplen con lo establecido en la ley de medio ambiente 1333.

**CUADRO N° 37 Grado de contaminación en el agua**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>GRADO DE CONTAMINACIÓN</b>	<b>RANGO</b>	<b>VALOR OBTENIDO</b>
Turbiedad	<b>BAJO</b>	<10	<b>181.33</b>
	<b>ALTO</b>	>10	
Color	<b>BAJO</b>	<10	<b>84.42</b>
	<b>ALTO</b>	>100	
DBQ	<b>BAJO</b>	<2	<b>2.47</b>
	<b>ALTO</b>	>2	
DQO	<b>BAJO</b>	< 5	<b>4.96</b>
	<b>ALTO</b>	>5	
% de saturación	<b>BAJO</b>	>80%	<b>73.80</b>
	<b>ALTO</b>	< 80%	

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro 37 los grados de contaminación a lo diferentes parámetros se establece que existe un alto grado de contaminación al componente agua notándose que la mayoría de los parámetros medidos no cumple con los límites permisibles de la ley 1333 ley del medio ambiente.

#### **4.2 PLANTEAMIENTO DE ACCIONES DE MITIGACIÓN**

Para evitar los elevados grados de contaminación en el medio ambiente por la construcción de carreteras ocasionados por la operación y mantenimiento de equipos y maquinarias durante el proceso constructivo del proyecto Puerta al Chaco - Canaletas, se deberá reducir la contaminación del aire, el agua y el grado de perturbación (Ruido) planteándose distintas acciones de mitigación de manera que reduzcan la afectación a estos componentes y permitan disminuir el grado de contaminación, el desarrollo normal y sostenible en la construcción de la carretera:

La actividad de Uso de Equipos y Maquinaria Pesada en la construcción de carreteras, afecta al componente Fauna, en el Medio Natural y al Paisaje, Actividad Económica (Agropecuarias, Industriales y Servicios), Seguridad de Operarios, Seguridad de las Personas, Sistema Vial, Transporte Liviano y Pesado, Salud, Sistema Sanitario y Educación.

Se deberá controlar el correcto estado de manutención y funcionamiento del parque automotor, camiones, equipos y esencialmente las maquinarias pesadas, tanto propio como de los subcontratistas, así como verificar el estricto cumplimiento de las normas de medio ambiente aplicadas durante la etapa de construcción de una carretera como lo es el cumplimiento de la ley 1333 ley del Medio Ambiente en sus diferentes artículos.

Las vibraciones de los equipos y maquinarias pesadas y la contaminación sonora por el ruido de los mismos, durante su operación, pueden producir molestias a los operarios y pobladores locales, durante el movimiento de tierras en la construcción de carreteras lo cual también puede afectar a la fauna debido a que los animales poseen el sentido del oído mucho más desarrollado que el humano, razón por la cual se debe tener especial cuidado cuando los trabajos se desarrollen cerca de áreas sensibles.

Por lo tanto, se deberá minimizar al máximo la generación de ruidos y vibraciones de estos equipos, controlando los motores y el estado de los silenciadores.

Los operadores que manejan las maquinarias deberán contar con protectores auditivos de forma que no reciba ruidos mayores a 68 dB Por lapsos menores a 15 min el límite máximo permisible es de 115 dB

Toda fuente de ruido mayor a 80 dB deberá estar a no menos de 150 m de distancia de los asentamientos humanos.

Durante la etapa de movimiento de tierras se deberán realizar las actividades con mucho cuidado, especialmente en los grandes movimientos de material de corte que pueden afectar muchas veces por descuido la calidad del agua.

Deben existir talleres de mantenimiento, los cuales deben ubicarse a una distancia mayor a 100 m de cualquier curso de agua y a por lo menos 50 m del área de dormitorios, comedores u oficinas.

El mantenimiento de la maquinaria pesada, especialmente el cambio de aceite, debe realizarse de manera que no contamine los suelos y aguas. Para ello, las instalaciones del equipo mecánico, los vehículos y maquinaria pesada no deben ser lavados en ríos o quebradas y no deben realizarse arrojo de desperdicios a los cuerpos de agua.

Durante la circulación y operación de la maquinaria pesada se debe regar la superficie transitada u ocupada para evitar la generación de polvo. Para ello se utilizarán cisternas con dispositivos de riego inferior. El riego deberá realizarse tantas veces como sea necesario durante el día.

Se debe realizar un control continuo de los motores para garantizar su buen funcionamiento y que la tasa de producción de potencia versus emisión de gases de combustión esté dentro del rango óptimo. Además de considerar la perfecta combustión de los motores, se debe revisar el ajuste de los componentes mecánicos, el balanceo y la calibración de las llantas, puesto que el inadecuado balanceo de las llantas y la mala calibración de la presión, incrementan el consumo de combustible.

La maquinaria pesada debido a su motor a diésel deberá tener el escape acondicionado en tal forma que el tubo sobresalga de la carrocería o techo del vehículo permitiendo la salida del gas verticalmente.

### **4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ACCIONES DE MITIGACIÓN**

#### **4.3.1 COMPONENTE RUIDO**

- Dotar a la maquinaria en operación y vehículos de sistemas silenciadores, además de realizar el mantenimiento y reparación de aquellos que generen niveles de ruido más altos de lo normal.
- Las operaciones del Contratista deberán ser realizadas, de forma tal que los niveles de ruido no excedan los 80 dB, medidos a 15 m de distancia de la fuente. Las áreas más sensibles al ruido, incluyen áreas pobladas, escuelas, iglesias, postas sanitarias, campos de recreación, donde se deberá establecer un especial cuidado en el desarrollo de las actividades.
- Se restringirá y prohibirá, cualquier trabajo que produzca perturbación en zonas sensibles (poblaciones, postas sanitarias), entre las 22:00 y 06:00. Asimismo se restringirá el trabajo en proximidades a escuelas en horarios de clases.
- Cuando se requiera utilizar temporalmente maquinaria que genere un ruido mayor a los 80 dB se deberá informar a la población afectada con al menos una semana de anticipación, indicando el tiempo de trabajo.



- Los ruidos y vibraciones deben ser reducidos en lo posible en su foco de origen, tratando de aminorar su propagación en los lugares de trabajo.
- No se permitirá la operación de equipo que hubiera sido alterado, de forma que los niveles de ruido sean más altos que los producidos por el equipo original, mismos que no deberán superar los parámetros señalados en el Anexo 6 del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA). A fin de reducir el nivel de ruido producido por la maquinaria y equipo en operación, durante la construcción de la carretera, cada uno de ellos deberá contar con sistemas silenciadores en perfectas condiciones de funcionamiento.
- Quedan prohibidos, la instalación y uso en cualquier vehículo destinado a la circulación en el área del proyecto de toda clase de dispositivos o accesorios diseñados para producir ruido, tales como válvulas, resonadores y pitos o bocinas acopladas a los sistemas de frenos de aire.
- Se evitará la simultaneidad en la operación de maquinaria y/o equipo, y el Contratista realizará una programación del horario de operación, que deberá contar con la conformidad del Supervisor Ambiental, en función a la proximidad de escuelas, iglesias, postas sanitarias y otras áreas sensibles.

#### **4.3.1 COMPONENTE AIRE**

- El equipo y maquinaria deben estar sujetos a un mantenimiento periódico de acuerdo a las especificaciones técnicas y operando para cumplir con límites de calidad de aire establecidos en la ley 1333 ley del medio ambiente. Esta medida permitirá obtener una combustión completa, un funcionamiento adecuado de los diferentes equipos y una reducción en los niveles de opacidad.
- Para mitigar el efecto producido por las emisiones de polvo y partículas debido al tránsito de vehículos y maquinaria por los accesos desprovistos de capa de rodadura, se deberá proceder (en época de estiaje) al humedecimiento periódico de dichas vías, con una cantidad de 2 l/m<sup>2</sup>, dicho humedecimiento deberá ser efectuado con un equipo aspersionador acoplado a un cisterna con una frecuencia de

por lo menos 2 veces al día. El riego se realizará principalmente en las proximidades de centros poblados en los que las viviendas se encuentren a menos de 50 m del eje de la carretera. En ningún caso se podrá utilizar aceite quemado u otro elemento contaminante, para atenuar el efecto del polvo.

- En el caso que el transporte de material deba ser realizado a través de asentamientos humanos los camiones de volteo (volquetas) serán equipados con coberturas de lona para evitar la dispersión de partículas finas y los derrames de sobrantes durante estas tareas.
- No se permitirá la quema de combustibles, gomas de caucho, materiales asfálticos, aceite quemado de motores o materiales similares que produzcan humo denso, ya sea para eliminar esos materiales o para prender o facilitar la quema de otros.
- En el proceso de desmantelamiento no se permitirá la quema de residuos sólidos de ninguna naturaleza.
- Se deberán realizar talleres de capacitación dirigidos a los empleados del Contratista, respecto a los efectos de la contaminación acústica y atmosférica.

#### **4.3.2 COMPONENTE AGUA**

- Debe evitarse el vadeo frecuente de ríos y arroyos por maquinaria y otros motorizados. En caso necesario deberán implementarse puentes provisionales, badenes o vados con estructura de mampostería de piedra para minimizar la alteración del lecho y producción de sedimentos. Estos deberán ser retirados una vez concluidas las labores y los cauces se reconformarán lo más próximo posible al estado previo a la intervención.
- No debe realizarse el lavado de equipos y maquinaria en cuerpos de agua o en sus proximidades, especialmente en aquellos que tengan caudal permanente y a los cuales el acceso de vehículos sea posible. En estos sitios deberá implementarse señalización de prohibición del lavado.

- Para evitar la posible contaminación del agua y suelo, el mantenimiento de maquinaria y vehículos (cambio de aceites, filtros u otras reparaciones) se deberá realizar únicamente en los talleres del campamento que cuenten con la infraestructura adecuada. No deben ejecutarse estas labores en los frentes de trabajo o campamentos provisionales. En caso de requerirse realizar trabajos de emergencia, será necesario contar con los elementos necesarios para el manejo de hidrocarburos o líquidos corrosivos, evitando su derrame al agua y/o suelo (bandejas, materiales absorbentes).
- Los cambios de aceites de la maquinaria deberán ser realizados cuidadosamente, disponiéndose el aceite de desecho en contenedores para su posterior entrega a empresas recicladoras de aceite en el país; por ningún motivo estos aceites serán vertidos a las corrientes de agua ni en el suelo. En caso de que el aceite usado deba ser transferido bajo cualquier modalidad a terceros para su posterior reuso, el Contratista deberá informar a la autoridad ambiental, el nombre, la actividad, datos generales del depositario y solicitará la autorización correspondiente, para la entrega de estos residuos.
- En el caso que ocurra un vertido accidental de combustibles u otros productos químicos con potencial de afectar algún curso de agua, se deberá notificar inmediatamente a los organismos jurisdiccionales apropiados (Unidad Ambiental de la Prefectura del Departamento). En estos casos el personal de obra deberá estar capacitado para ejecutar medidas inmediatas de contención y/o retiro del contaminante y proceder a su depósito temporal en recipientes apropiados (turriles herméticamente cerrados), transporte y disposición final (Art. 41° RMCH).

## **CAPÍTULO V “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Para concluir el presente trabajo, este capítulo se dedicará a mostrar las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del desarrollo del trabajo.

#### **5.1 CONCLUSIONES**

El presente trabajo se ha dedicado a analizar mediante la observación empírica las diferentes causas que producen en el medio ambiente, el uso de maquinaria pesada en la construcción de la carretera “Puerta al Chaco – Canaletas Progresivas: 9+504.60 a 24+840.60”, determinando los grados de contaminación en los componentes agua, aire y ruido mediante la medición de decibeles de presión sonora, test de opacidad y laboratorios de agua, donde a través de la observación de los hechos y un posterior análisis estadístico se pudo determinar los diferentes grados de contaminación en la construcción de carreteras.

En el desarrollo de investigación que ha dado lugar el presente trabajo se ha logrado tener mayor referencia teórica de la contaminación del aire, ruido y agua por el uso de maquinaria pesada en la construcción de carreteras, pudiéndose identificar claramente el área de estudio, así como también la definición de la maquinaria pesada que fue objeto de estudio.

A través de mediciones a la contaminación que causa la maquinaria pesada en la construcción de carreteras haciendo uso de equipos especializados como el opacímetro, sonómetro y mediante laboratorios de agua se pudo determinar el grado de contaminación en los componentes aire, agua y ruido y a partir de ellos se realizó el planteamiento de acciones de mitigación

Se determinaron los grados de contaminación teniendo en el componente ruido un alto grado de contaminación, en el componente aire un bajo grado de contaminación y en el componente agua un alto grado de contaminación respecto la medias de las mediciones, razón por la cual se determina que existe un grado de contaminación considerable, el cual debe tratarse de disminuir para evitar la rápida degradación de la calidad de estos componentes mediante las acciones de mitigación planteadas

El 75 % de la maquinaria pesada emite ruidos inferiores a los límites establecidos por la ley de medio ambiente 1333 notándose una tendencia de aumento de ruido conforme el año de fabricación de maquinaria pesada sea más antiguo y viceversa mientras el año de fabricación sea más reciente, esto se debe a que las maquinarias pesadas conforme pasa el tiempo van cambiando, se van desgastando y si no se realiza un mantenimiento constante el motor generan mayor ruido debido al esfuerzo y por ende al mayor requerimiento de potencia que necesita, además de influir de sobremanera el mantenimiento del motor también se nota que el control de aspectos como el estado del escape, catalizador, fallos en las gomas de sujeción, etc., son muy importantes para contribuir a la menor emisión de ruido y al hecho que años atrás el tema de la generación de ruidos y sus consecuencias no era un tema de vital interés para la población mundial como lo es hoy en día motivo por el cual las tecnologías de prevención de emisión de ruidos con las que fueron diseñadas las maquinarias pesadas antiguas no tienen las medidas de reducción de ruido con las cuales son diseñadas las nuevas maquinarias pesadas.

El 20% de la maquinaria pesada genera niveles de presión sonora de 75 dB, los mismos que además de cumplir con los límites permisibles de la ley 1333 se encuentran por debajo del límite permisible con aproximadamente 10dB constituyendo en un importante grupo de maquinarias que además de cumplir las leyes ambientes contribuyen a la construcción de carreteras de manera sustentable.

El 75% de la maquinaria pesada utilizada en la construcción del proyecto en construcción Puerta al Chaco – Canaletas, tiene valores de opacidad menores a 1.39 en valor k y 42.73% mismas mediciones que fueron realizadas a una velocidad media de 2020 rpm, notándose que además de cumplir con no sobrepasar los límites permisibles de opacidad de la norma se logró realizar las mediciones del test de opacidad dentro de los parámetros de velocidad dados (2000 rpm), razón por la cual los resultados obtenidos poseen un alto grado de confiabilidad.

La porcentaje de contaminación de aire tiene una tendencia de aumento o disminución según sea el año de fabricación de la maquinaria pesada a mayor antigüedad corresponden valores más altos y viceversa si el año de fabricación es reciente, los motivos por los cuales una maquinaria pesada genere mayor o menor nivel de contaminación de aire (opacidad) se debe al estado del motor dentro del cual se pueden deber a numerosos aspectos y a la altura con respecto al nivel del mar, no es el mismo grado de opacidad que genera una maquinaria pesada a nivel de mar que a la que genera una a 2000 o 3000 msnm esto constituye un problema para la maquinaria pesada ya que en nuestro país se posee distintas alturas a nivel del mar las cuales pueden cambiar en tan solo horas de recorrido motivo por el cual el motor de la maquinaria se verá mayor o menor esforzado por lo cual se debe estar haciendo constantemente los respectivos mantenimientos para evitar el sobre esfuerzo en el motor lo que se verá reflejado en el menor grado de contaminación al aire.

Se evidencia que existe una amplia relación entre el año de fabricación y la cantidad de contaminación tanto en el componente ruido como en el componente aire, en los dos casos se notó que a mayor antigüedad corresponde un mayor efecto en el medio ambiente por el uso de maquinaria pesada en las diferentes actividades que conlleva la construcción de una carretera.

La contaminación en el agua se evidencia que turbiedad del agua está muy por encima del valor del límite permitido por la ley de medio ambiente 1333 debe ser menor que 10 NTU sin embargo la turbiedad resultado del análisis nos da valores de hasta 198 NTU dando un claro indicador que la maquinaria pesada al realizar actividades de excavación, movimientos de tierra, etc. Está afectando de sobre manera el agua lo cual refleja en la turbiedad.

Dentro de los análisis de agua se encontró la presencia de grasas y aceites los cuales pueden deberse a algún vertido de aceites y/o lubricantes usados para las maquinarias pesadas dentro de la construcción de la carretera esto constituye una principal fuente de contaminación que repercute en la salud de los que llegaran a usar el agua, tal es el caso de los pobladores aguas abajo, fauna y flora.

Las tecnologías de movimiento de tierras empleadas en la construcción de las vías de comunicación terrestres impactan con fuerza todos los factores componentes del medio ambiente natural. En este trabajo en esencia se constató la afectación a los componentes aire, agua ruido, donde es responsabilidad principal de los ingenieros civiles el lograr construir de manera sustentable, minimizando el efecto al medio ambiente en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto ya que son numerosas las afectaciones al medio ambiente que se originan en la fase de construcción de las vías de comunicación terrestres principalmente en la etapa de movimiento de tierras.

Minimizando los efectos al medio ambiente en sus componente agua, aire y ruido por el uso de maquinaria pesada, con las medidas concretas sugeridas en de este trabajo, se contribuirá a la construcción sustentable de estas importantes obras de viales.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente trabajo se considera importante recomendar lo siguientes aspectos:

Cabe destacar que para realizar las mediciones de ruido se hizo uso de un equipo llamado sonómetro el cual es de poca disponibilidad, debido a su costo razón por la cual se recomienda tener un especial cuidado a la hora de manejarlo, se recomienda leer el manual de usuario antes de ponerlo en marcha o de lo contrario recibir una capacitación de técnicos con experiencia en el área.

El equipo de medición de opacidad es un equipo muy sensible, sofisticado y de un valor elevado, que hoy por hoy dentro del departamento de Tarija solamente la Alcaldía Municipal de Tarija posee y cuando se desea medir la opacidad de maquinarias pesadas en lugares distantes es muy difícil transportarlo por esta razón se recomienda que las maquinarias pesadas de las diferentes proyectos antes de ir a obra puedan hacerse el respectivo control para poder verificar su estado emisión de gases de humo y en el caso de no aprobarlo puedan ser dados de baja oportunamente evitando la contaminación del aire.

El valor del límite permisible para nuestro país es de 84dB, a pesar de que sobrepasa los vigentes en otros países como Finlandia (55dB), Francia (65dB), España (65dB), entre otros, ya que es evidente que implantar un valor menor sería muy ambicioso y probablemente las condiciones actuales en Bolivia no permitirían su eficaz cumplimiento, debido principalmente a la carencia de cultura ambiental y de mecanismos para vigilar la normatividad existente. Es por ello que se recomienda una reducción paulatina de dos decibeles anuales, para que en un lapso de 10 años se tengan niveles aceptables de ruido en las vías comunicación y del orden de estándares internacionales.



Se debe actualizar constantemente sobre las normativas, leyes y/o decretos que pudieran emitirse en relación a los límites o procedimientos de medición que pudieran implementarse, principalmente por el hecho de la preocupación por la cantidad y calidad del efecto al medio ambiente es una inquietud reciente que poco a poco nuestro país está dando importancia debido a la degradación de los componentes del medio ambiente razón por la cual es indispensable actualizarse constantemente.

Se pudo constatar que si bien existen las normativas y leyes de rigor en la protección al medio ambiente durante la construcción de carreteras, estas no son conocidas por los operadores e ingenieros dentro de la construcción del proyecto Puerta al Chaco – Canaletas por la cual se recomienda que la socialización de las mismas no solo en el proyecto en cuestión sino en todos los proyectos que tengan relación directa con los componentes del medio ambiente principalmente los de tipo vial.