

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**MODELADO DE IMPACTOS AMBIENTALES POR EMISIONES  
DE RUIDO Y MATERIAL PARTICULADO CON USO DE  
FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN EN PROYECTOS VIALES**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Dayanna Marilín Chuyacama Guzman

**ASESOR:**

Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila

Lima, Abril, 2024

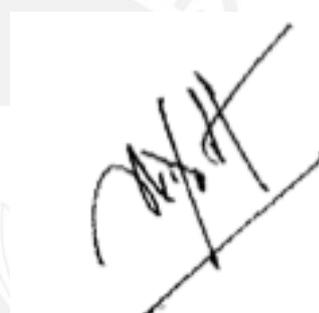
### Informe de Similitud

Yo, FEDERICO ALEXIS DUEÑAS DÁVILA, docente asociado de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulada:

MODELADO DE IMPACTOS AMBIENTALES POR EMISIONES DE RUIDO Y MATERIAL PARTICULADO CON USO DE FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN EN PROYECTOS VIALES, de la autora DAYANNA MARILIN CHUYACAMA GUZMAN, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 7%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* de fecha 22/01/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: San Felipe, Jesus Maria, 22 de enero de 2024.

Apellidos y nombres del asesor: DUEÑAS DÁVILA, FEDERICO ALEXIS	
DNI:23860033	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-6149-3334">https://orcid.org/0000-0002-6149-3334</a>	

## Resumen

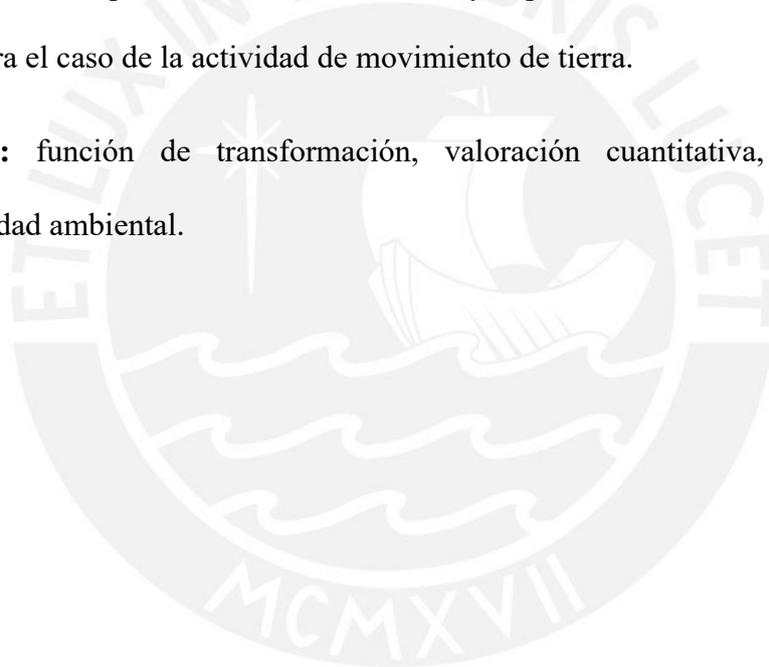
Entre los diferentes tipos de valoración de impactos en una Evaluación de Impacto Ambiental, se ubica la valoración cuantitativa mediante funciones de transformación. Esta valoración presenta problemas en la precisión de la interpretación del impacto sobre el ambiente, debido a la inexactitud en la elección de la función de transformación. En la actualidad, la industria de la construcción es un sector importante a nivel mundial y en constante crecimiento; por lo tanto, hay una continua afectación a la calidad de aire debido a la emisión sonora y emisión de material particulado a causa del uso de maquinaria y equipos de construcción. Por ello, se requiere una predicción rápida de resultados confiables a través de funciones representadas por expresiones matemáticas, previamente seleccionadas, para la valoración de los impactos generados por la interacción de la acción humana y el medio en el que se desarrolla.

La presente tesis tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales mediante el uso de funciones de transformación puntuales y eficientes. Para ello, se analizó la valoración del impacto ambiental en la calidad del aire, debido a la emisión de ruido y material particulado generado por maquinaria en la fase de construcción de proyectos de infraestructura vial ubicados en distintos departamentos del Perú.

La metodología aplicada fue el tratamiento estadístico de datos obtenidos en la aplicación de las funciones de transformación, y para el análisis de resultados se tomó como base el principio metodológico de Parsimonia en los Test de Shapiro Wilk y D'Agostino Pearson, hasta pruebas de Análisis de Varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples, como el método de Tukey HSD, el test Q y el test de Dunnett. Se identificó, previamente, las acciones relevantes y se seleccionó las funciones de transformación a aplicar para la comparación final.

De la comparación final de funciones de transformación mediante tratamientos estadísticos, para la valoración del impacto ambiental derivado de la emisión de ruido, se obtuvo que la función creciente con dos parábolas, lento extremos y rápido centro, resulta ser la función óptima para estimar la magnitud del impacto de ruido en las actividades movimiento de tierras, colocación de pavimento, obras de arte y drenaje, e implementación/ mantenimiento de señalización. En el caso de la valoración del impacto ambiental debido a la emisión de material particulado, la función parabólica tipo I es la función óptima para aplicar a las actividades de pavimento y obras de arte, y drenaje; mientras que las funciones parabólica tipo II y creciente con dos parábolas, lento extremos y rápido centro son las que deben ser consideradas para el caso de la actividad de movimiento de tierra.

**Palabras clave:** función de transformación, valoración cuantitativa, ruido, material particulado, calidad ambiental.



## Abstract

Among the different types of impact assessment in an Environmental Impact Assessment, there is the quantitative assessment through transformation functions. This assessment has problems in the interpretation of the impact on the environment due to inaccuracy in the choice of the transformation function. Currently, the construction industry is an important sector worldwide and in constant growth, therefore, there is a continuous impact on air quality due noise emissions and particular matter because construction equipment. For this reason, a prediction of reliable results is required through previously selected functions represented by mathematical expressions for the assessment of the impacts generated by the interaction between human actions and the environment in which it develops.

The objective of this thesis is to evaluate the environmental impacts through the application of efficient transformation functions. Therefore, the assessment of the environmental impact on air quality due to the emission of noise and particulate matter generated by machinery in the construction phase of road infrastructure projects located in Perú was analyzed.

The methodology applied was the statistical treatment of data obtained in the application of the transformation functions and for the analysis of results, the methodological principle of Parsimony was taken into account.

From the final comparison, for the assessment of the environmental impact derived from the noise emission, it was obtained that the function with two parabolas, slow extremes and fast center, is the most optimal function to apply in the movement activity of land, pavement, drainage's Works and signaling implementation/maintenance. For the assessment of the environmental impact due to the emission of particulate matter, the parabolic function type I is the most optimal function to apply for pavement and works of drainage; while the parabolic

functions type II and increasing with two parabolas, slow ends and fast center are those that must be considered in the case of earth movement activity.

*Keywords:* transformation function, quantitative assessment, noise, particulate matter, environmental quality.

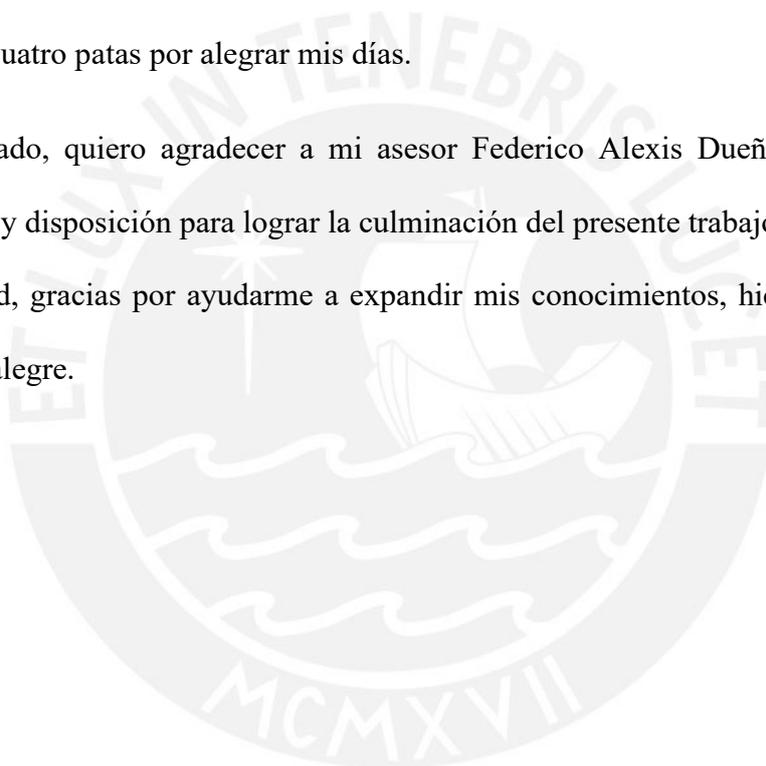


## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a todas las personas que estuvieron a lo largo de mi carrera universitaria. Gracias papás, José y Maritza, por siempre creer en mí y haberme apoyado en todo lo que necesité. Admiro todo el sacrificio y esfuerzo que hicieron por mí. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Gracias hermanos, Stefano y Asli, estuvieron a mi lado bajo toda circunstancia. Ustedes dos son mi motivación para seguir esforzándome y creciendo. También gracias a mis compañeros de cuatro patas por alegrar mis días.

Por otro lado, quiero agradecer a mi asesor Federico Alexis Dueñas Dávila por su constante apoyo y disposición para lograr la culminación del presente trabajo. Y a mis amigos de la universidad, gracias por ayudarme a expandir mis conocimientos, hicieron mi camino reconfortante y alegre.



## Índice de Contenido

Resumen.....	i
Abstract.....	iii
Agradecimiento.....	v
Índice de Contenido .....	vi
Índice de Tablas .....	ix
Índice de Figuras.....	xii
Índice de ecuaciones .....	xiii
Lista de Acrónimos .....	xiv
Capítulo 1: Introducción .....	1
1.1. Desarrollo de la evaluación de impactos ambientales.....	1
1.2. Formulación y descripción del problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
Capítulo 2: Marco Teórico.....	5
2.1. Marco conceptual .....	5
2.2. Identificación y valoración de impactos ambientales como fase del EsIA .....	8
2.3. Antecedentes del estudio .....	9
2.3.1. <i>Uso de funciones de transformación en la valoración de impactos</i> .....	9

2.4. Estado del Arte .....	17
2.4.1. <i>Valoración de impactos ambientales</i> .....	17
2.4.2. <i>Aplicación de funciones de transformación</i> .....	18
Capítulo 3: Metodología .....	21
3.1. Identificación de aspectos ambientales de importancia.....	21
3.1.1. <i>Identificación de factor ambiental</i> .....	21
3.1.2. <i>Árbol de acciones</i> .....	22
3.1.3. <i>Cribado de aspectos ambientales</i> .....	23
3.2. Asignación de indicadores de impacto ambiental .....	25
3.3. Funciones de transformación.....	27
Capítulo 4: Valoración cuantitativa de impactos ambientales.....	29
4.1. Descripción de casos .....	29
4.2. Árbol de acciones .....	30
4.3. Acciones relevantes en proyecto de infraestructura vial .....	33
4.4. Indicadores ambientales .....	43
4.5. Estimación de ruido y material particulado.....	46
4.5.1. <i>Estimación de ruido</i> .....	46
4.5.2. <i>Estimación de material particulado</i> .....	50
4.6. Modelado de impactos ambientales.....	58
4.6.1. <i>Impacto ambiental derivado de la emisión de ruido</i> .....	60
4.6.2. <i>Impacto Ambiental derivado de la emisión de material particulado</i> .....	67

Capítulo 5: Análisis de Resultados .....	71
5.1. Análisis estadístico de la emisión de ruido .....	71
5.1.1. <i>Movimiento de tierra</i> .....	71
5.1.2. <i>Actividad colocación de pavimento</i> .....	74
5.1.3. <i>Actividad obras de arte y drenaje</i> .....	75
5.1.4. <i>Actividad Implementación y mantenimiento de señalización</i> .....	75
5.2. Análisis estadístico de la emisión de material particulado .....	78
5.2.1. <i>Actividad Movimiento de tierras</i> .....	78
5.2.2. <i>Actividad de colocación de pavimento</i> .....	79
5.2.3. <i>Actividad obras de arte y drenaje</i> .....	81
Discusión de Resultados .....	85
Conclusiones .....	91
Fuentes de incertidumbre .....	93
Recomendaciones .....	94
Referencias Bibliográficas .....	95

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Funciones de Transformación Consideradas por los Autores Conesa Fernández-Vitoria, Alfonso Garmendia y Domingo Gómez Orea .....	16
<b>Tabla 2</b> Ejemplos de Aplicación de Funciones de Transformación según Autores.....	19
<b>Tabla 3</b> Cuadro de cribado de acciones .....	25
<b>Tabla 4</b> Indicadores de referencia para factores y/o subfactores .....	26
<b>Tabla 5</b> Características de los proyectos de estudio.....	29
<b>Tabla 6</b> Árbol de acciones del proyecto 1 .....	31
<b>Tabla 7</b> Diagrama de lujo ambiental de acciones totales .....	33
<b>Tabla 8</b> Cuadro de Listado de Acciones Frecuentes en Proyecto Vial .....	37
<b>Tabla 9</b> Equipos para la Actividad Movimiento de Tierras .....	40
<b>Tabla 10</b> Equipos Para la Actividad Colocación de Pavimento.....	41
<b>Tabla 11</b> Equipos Para la Actividad Obras de Arte y Drenaje.....	42
<b>Tabla 12</b> Equipos Para la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización .....	43
<b>Tabla 13</b> Valores máximos permitidos para el ruido .....	44
<b>Tabla 14</b> Valores Mínimos y Máximos de Ruido Para Cada Proyecto según tipo de zona...44	
<b>Tabla 15</b> Valores máximos permitidos en 24h y anual para contaminantes .....	46
<b>Tabla 16</b> Valores de Ruido en Equipos de Construcción Para la Actividad Movimiento de Tierras .....	47
<b>Tabla 17</b> Valores de Ruido en Equipos de Construcción para la Actividad Pavimento .....	48
<b>Tabla 18</b> Valores de Ruido en Equipos de Construcción para la Actividad Obra de Arte y Drenaje.....	49
<b>Tabla 19</b> Valores de Ruido en Equipos de Construcción para la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización .....	50

<b>Tabla 20</b> Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 1 .....	54
<b>Tabla 21</b> Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras.....	55
<b>Tabla 22</b> Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento .....	56
<b>Tabla 23</b> Cálculo de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje.....	57
<b>Tabla 24</b> Valores Finales de Ruido para cada Actividad .....	59
<b>Tabla 25</b> Valores Finales de Material Particulado para cada Actividad .....	60
<b>Tabla 26</b> Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Movimiento de Tierra .....	64
<b>Tabla 27</b> Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Pavimento.....	65
<b>Tabla 28</b> Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Obras de Arte y Drenaje.....	66
<b>Tabla 29</b> Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización.....	67
<b>Tabla 30</b> Transformación de Valores de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras .....	68
<b>Tabla 31</b> Transformación de Valores de Material Particulado de la Actividad Pavimentos ..	69
<b>Tabla 32</b> Transformación de Valores de Material Particulado de la Actividad Obras de Arte y Drenaje.....	70
<b>Tabla 33</b> Resultados de Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la Actividad Movimiento de Tierras .....	71
<b>Tabla 34</b> Resultados de Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la Actividad Colocación de Pavimento.....	74
<b>Tabla 35</b> Resultados Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la Actividad Obras de Arte y Drenaje.....	75
<b>Tabla 36</b> Resultados de Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización .....	76

<b>Tabla 37</b> Medianas del Grupo de Datos.....	78
<b>Tabla 38</b> Prueba No Paramétrica de Friedman .....	78
<b>Tabla 39</b> Valores Obtenidos de la Transformación Recíproca de Logaritmo Base 10 para Actividad Colocación de Pavimento.....	80
<b>Tabla 40</b> Resultados de Aplicación de Prueba de Shapiro Wilk, D' Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD a la Actividad Colocación de Pavimento .....	81
<b>Tabla 41</b> Valores Obtenidos de la Transformación Recíproca de Logaritmo Base 10 para Actividad Obras de Arte y Drenaje.....	82
<b>Tabla 42</b> Resultados de Aplicación de Prueba de Shapiro Wilk, D' Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD a la Actividad Obras de Arte y Drenaje .....	83
<b>Tabla 43</b> Comparación de Funciones según valores para indicador: Nivel Sonoro Diurno en un Punto Representativo .....	86
<b>Tabla 44</b> Comparación de Funciones según valores para indicador: Concentración Anual de Polvos y Partículas en Suspensión.....	87

## Índice de Figuras

Figura 1.Representación de Impacto Ambiental.....	7
Figura 2.Velocidad del viento.....	10
Figura 3.Ejemplo de aplicación de funciones .....	11
Figura 4.Esquema de la Metodología .....	21
Figura 5.Árbol de acciones .....	23
Figura 6.Diagrama de flujo aplicado a cada acción.....	24
Figura 7.Diagrama de selección de funciones de transformación mediante preguntas .....	28
Figura 8. Recta creciente.....	61
Figura 9.Función creciente con dos parábolas, lentos extremos, rápido centro .....	62
Figura 10.Función parabólica tipo II creciente .....	62
Figura 11.Función parabólica de tipo I creciente.....	63
Figura 12.Prueba de Tukey HSD Aplicado a la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización .....	77
Figura 13.Distance entre mediana general y mediana de cada función.....	79
Figura 14.Prueba de Tukey HSD Aplicado a la Actividad Obras de Arte y Drenaje.....	83

## Índice de ecuaciones

<b>Ecuación 1.</b>	Función lineal creciente.....	12
<b>Ecuación 2.</b>	Función lineal decreciente.....	12
<b>Ecuación 3.</b>	Función parabólica tipo I creciente.....	12
<b>Ecuación 4.</b>	Función parabólica tipo I decreciente.....	12
<b>Ecuación 5.</b>	Función parabólica tipo II creciente.....	13
<b>Ecuación 6.</b>	Función parabólica tipo II decreciente.....	13
<b>Ecuación 7.</b>	Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	13
<b>Ecuación 8.</b>	Función decreciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	13
<b>Ecuación 9.</b>	Función creciente con dos parábolas, rápido extremos, lento centro	13
<b>Ecuación 10.</b>	Función decreciente con dos parábolas, rápido extremos, lento centro	14
<b>Ecuación 11.</b>	Función escalonada creciente.....	14
<b>Ecuación 12.</b>	Función escalonada decreciente.....	14
<b>Ecuación 13.</b>	Función umbral con valor 0 para impactos de menor magnitud y valor 1 para impactos de mayor magnitud	14
<b>Ecuación 14.</b>	Función umbral con valor 0 para impactos de mayor magnitud y valor 1 para impactos de menor magnitud	15
<b>Ecuación 15.</b>	Función de magnitud homogénea para cualquier valor del indicador	15
<b>Ecuación 16.</b>	Función de máximo intermedio.....	15
<b>Ecuación 17.</b>	Función de mínimo intermedio.....	15
<b>Ecuación 18.</b>	Expresión de cálculo de factor de emisión según Canter.....	50
<b>Ecuación 19.</b>	Expresión de cálculo de factor de emisión según Meza et al.	51

## Lista de Acrónimos

EIA – Evaluación de Impacto Ambiental

NEPA – Ley Nacional de Política Ambiental

ESIA – Estudio de Impacto Ambiental

USEPA – Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos

CDFCA – Departamento de Alimentos y Agricultura en California

ORSANCO – Comisión de Saneamiento del Agua del Valle del río Ohio

ORAQUI – Oack Ridge Air Quality Index

ICT – Índice de caracterización de tratamientos

ICAIRE – Índice de Calidad del Aire

SENAMHI – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

OMS – Organización Mundial de la Salud

## Capítulo 1: Introducción

### 1.1.Desarrollo de la evaluación de impactos ambientales

El interés por temas ambientales ha ido en aumento en las últimas décadas como resultado de la preocupación por el cuidado del medio ambiente debido a emisiones de contaminantes. De esta manera, se han introducido legislaciones ambientales nacionales e internacionales. Estas últimas poseen un enfoque en relación entre el desarrollo y ambiente, y un claro ejemplo de ello es la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Glasson et al., 2005).

El término Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) fue establecido formalmente en el año 1969 en Estados Unidos y la primera ley aprobada en el mundo fue la Ley Nacional de Política Ambiental o NEPA (Cantarino, 1999). En dicho año, ya existían normativas y límites de emisiones; sin embargo, estas no tenían una sólida referencia y carecían de consistencia. De esta manera, la NEPA integra las preocupaciones sobre la conservación de la naturaleza y especies de seres vivos. El principio más resaltante de la NEPA es el de prevención del cual carecían otras normas legales vigentes en aquellos años (Cantarino, 1999). Consecuentemente, dicha Ley es un marco referencial sobre el que se guían legislaciones de EIAs de diferentes países y se ha extendido a lo largo de los años.

La EIA se ha convertido en una herramienta importante de aplicación en el planeamiento de proyectos, incluso en países en los que se carece de una reglamentación normada específica y su empleo seguirá en crecimiento (Glasson et al., 2005). Además, es usada y reconocida como instrumento de política ambiental. Esta herramienta tiene como objetivo identificar los posibles efectos de la ejecución de determinadas actividades y plantear soluciones de mitigación (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010). Sin embargo, la EIA no garantiza que el proyecto vaya a ser rechazado o modificado en caso este resulte perjudicial, sino solo garantiza

que se eviten decisiones que no necesariamente sean las más beneficiosas para la conservación del ambiente.

## **1.2. Formulación y descripción del problema**

Desde la puesta en práctica de la EIA, se ha intentado predecir el comportamiento del ambiente en presencia y ausencia de alteraciones. Consecuentemente, una de las formas de demostrar el comportamiento es mediante la introducción de términos tales como indicadores e índices ambientales con el fin de darle una magnitud mensurable para poder prevenir o corregir efectos en el ambiente. Es preciso, en caso sea una valoración cuantitativa, el uso de funciones de transformación representadas mediante expresiones matemáticas. Sin embargo, es en este proceso donde surgen problemas, los cuales arrastran a errores y, en consecuencia, a una mala interpretación del impacto sobre el ambiente. Actualmente, existe una cantidad considerable de funciones de transformación que son aplicadas para la valoración de diferentes indicadores ambientales, pero no todos los indicadores tienen una correcta interpretación, ya sea debido a una falta de análisis en la elección de la función de transformación o a la falta de información y precisión de datos.

En la actualidad, la industria de la construcción juega un rol importante en cualquier país en desarrollo. La mitad de la población depende de esta industria, es decir, en las ciudades en crecimiento de sectores tales como el económico, cultural y social presenta un papel importante ya que constituye un medio a través del cual se desarrollan tales sectores (Solano, 2019). Consecuentemente, existe una gran emisión de contaminantes, entre estos contaminantes están la emisión de ruido y material particulado. Luego de su dispersión, mediante niveles de inmisión, crean consecuencias perjudiciales en los ecosistemas y seres humanos. Dicho todo lo anterior, surge la necesidad de llegar a un consenso en el que se elija funciones de

transformación que sean las más adecuadas a aplicar en impactos ambientales de contaminación derivados de la emisión de ruido y material particulado.

### **1.3. Justificación**

Durante la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se realiza el proceso de identificación y valoración de impactos. La identificación de impactos se lleva a cabo mediante una previa identificación de acciones del proyecto susceptible a producir impactos e identificación de factores del medio susceptibles a recibir impactos (Cruz et al., 2008). Además, se identifican los indicadores de cada impacto ambiental; este proceso permite obtener un gran número de magnitudes, los cuales tienen diferentes unidades de medición e interpretaciones. Por lo tanto, es necesario traducirlos a una misma unidad con el objetivo de cuantificar el impacto global del proyecto sobre el medio. Una elección errónea de la función de transformación o una elección de función de transformación con la cual se obtenga un cierto grado de incertidumbre considerable desencadenarán resultados equívocos y, con ello, la jerarquización de alternativas de un proyecto no será adecuada.

La aplicación de funciones de transformación para la evaluación de impactos resulta beneficiosa para la comparación de las diferentes magnitudes de cada impacto ambiental. Sin el uso de estas funciones, la interpretación de estos efectos sería un proceso complicado. Existen diferentes formas de las funciones de transformación, y su modificación y adaptación de estas funciones al comportamiento de cada impacto ambiental es lo que hace valioso el uso de estas.

Debido a todo lo mencionado anteriormente, surge la necesidad de presentar funciones de transformación específicas y analizarlas con el fin de contribuir a establecer relaciones entre magnitudes de cada indicador y su impacto ambiental. De esta manera, será más sencilla la decisión de emplear métodos de evaluación de impactos ambientales, ya que se recomendará

las funciones más adecuadas a aplicar a fin de valorizar determinados impactos ambientales. Tal contribución permitirá una predicción rápida de resultados confiables.

## **1.4.Objetivos de la investigación**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Evaluar impactos ambientales mediante el uso de funciones de transformación puntuales y eficientes, las cuales permitan establecer una relación entre la magnitud de un indicador ambiental y la calidad ambiental en unidades homogéneas y comparables.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

Del objetivo general, se desprenden los siguientes objetivos:

- Seleccionar funciones de transformación específicas a aplicar en diferentes indicadores ambientales (material particulado y ruido) expresados en unidades de calidad ambiental no necesariamente homogéneas
- Analizar comparativamente funciones de transformación que permitan homogeneizar diferentes variables de los casos objeto del estudio de impacto ambiental mediante herramientas numéricas (paramétricas o no paramétricas)
- Validar el modelo resultante aplicado para la evaluación de impactos ambientales con el uso de pruebas estadísticas

## Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1.Marco conceptual

A continuación, se detalla la definición de términos que permitirán entender los conceptos e interpretar los temas que se mencionarán en relación con la valoración de impactos ambientales.

- Medio ambiente

Entorno de desarrollo de una organización, incluyendo aire, agua, tierra, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos y sus interrelaciones (Carretero & Asociación Española de Normalización y Certificación, 2007).

- Aspecto ambiental

Son los productos y servicios derivados de la acción antropogénica. Estos aspectos están en constante interacción con el medio ambiente. Dicha interacción es la causante de generación de impactos ambientales (Sistemas de Gestión Ambiental — Requisitos Con Orientación Para Su Uso, 2015).

- Factor ambiental

Son los componentes que forman el medio ambiente e interactúan entre ellos, y que pueden ser afectados por la acción del ser humano hasta el punto de causar daños irreversibles (Cruz et al., 2008).

- Calidad ambiental

Es el mantenimiento del equilibrio de la estructura de un ecosistema (desde el punto de vista de la integridad de los ecosistemas), es decir, de las especies, la diversidad y los ciclos de materia y flujos de energía que integran tal ecosistema (Garmendia et al., 2005).

También se hace referencia al nivel de preservación de las condiciones del entorno urbano y en términos generales, de todos los factores ambientales.

- **Indicador de impacto ambiental**

Factor ambiental cuya variación proporciona la magnitud del cambio en la calidad ambiental debido al impacto, ya sea cualitativa y/o cuantitativa (Cruz et al., 2008).

- **Indicador ambiental**

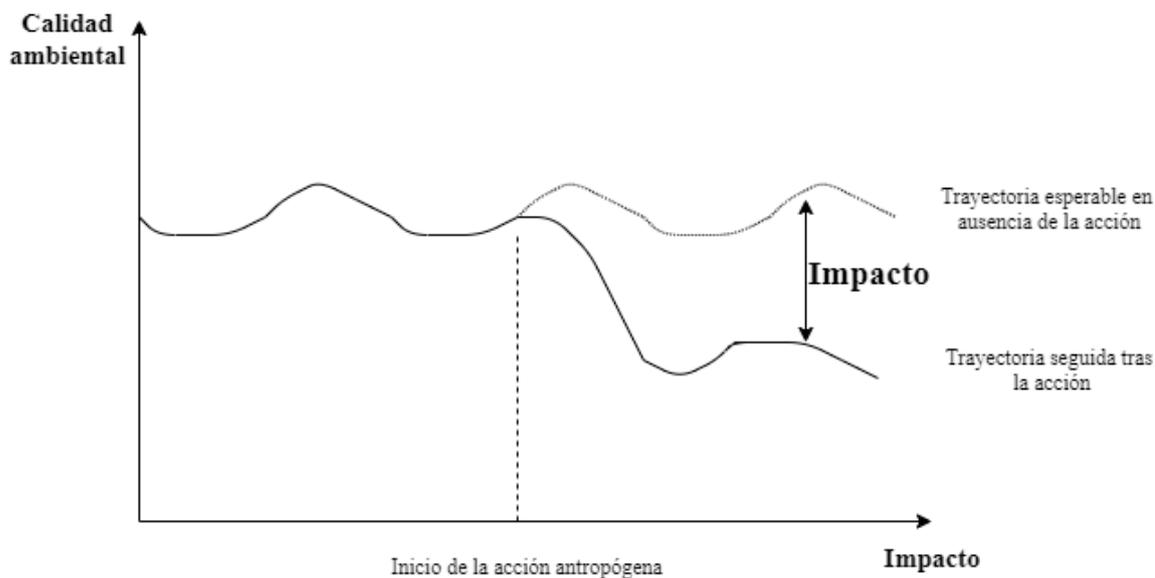
Un indicador ambiental es una medida o parámetro que provee información y define el estado de un fenómeno que va más allá del valor del parámetro en sí mismo (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 1993). El indicador ambiental transmite información sobre el estado en el que se encuentra el factor ambiental antes y después de la acción humana, por ejemplo, un proyecto de construcción.

- **Índice ambiental**

Es una expresión simplificadora de una gran cantidad de variables descriptivas ambientales con el fin de darle un valor numérico o descriptivo para la evaluación y toma de decisión (Consejo Nacional del Ambiente, 1999).

- **Impacto ambiental**

Es toda alteración de cualquier variable ambiental que puede variar o modificar la calidad ambiental (CA) del medio. Puede ser una modificación positiva o negativa (Cantarino, 1999). Para tener la condición de impacto ambiental se requiere de la acción antropogénica y debe tener un valor. Es decir, debe implicar aumento o pérdida de la CA.



*Figura 1.* Representación de Impacto Ambiental

Tomado de "Estudio de impacto ambiental" por Cantarino (1999b)

- Valoración de impactos

La valoración de impactos consiste en la identificación y asignación de indicadores para medirlos. Asimismo, consiste en hacer uso de procedimientos para determinar las magnitudes medidas y traducirlas en unidades homogéneas para una jerarquización eficiente para un posterior actuar, y toma de decisiones (Benitez et al., 2019). En adición, la valoración de impactos se desarrolla en tres niveles alternativos de medición: simple enjuiciamiento, valoración cualitativa y cuantitativa.

- Función de transformación

Es la relación entre la magnitud propia de cada indicador y su calidad ambiental en unidades homogéneas y comparables. Esta se representa en un sistema de coordenadas cuyo eje de abscisas indica la magnitud del indicador y en el eje de las ordenadas indica el valor ambiental en un intervalo de  $[0,1]$  (Gómez & Gómez, 2013).

## **2.2. Identificación y valoración de impactos ambientales como fase del EsIA**

El Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es el documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre el cual se presenta con objetividad la realidad de afectación del entorno y está incorporado en el proceso de la EIA. Asimismo, el EsIA identifica, describe y valora los efectos generados en el ambiente debido a la ejecución de un proyecto. Finalmente, este documento contiene una declaración final del impacto ambiental (Conesa, 2010). Por lo tanto, el EsIA es un documento vital que sostiene a la EIA y que permite prevenir cualquier riesgo o alteración en el ambiente y en la calidad de vida de los seres vivos.

A continuación, Gómez & Gómez mencionan la estructuración del documento técnico del EsIA según la legislación española (2013):

- Descripción del proyecto y sus acciones
- Examen de alternativas técnicamente viables
- Identificación de acciones y factores del medio, y descripción de las interacciones ecológicas o ambientales claves
- Identificación y valoración de impactos, tanto en la solución propuesta como en sus alternativas
- Establecimiento de medidas protectoras y correctoras
- Programa de vigilancia ambiental
- Documento de síntesis final

La EIA exige que en la estructura de la documentación del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) se desarrolle la fase identificación y valoración de impactos. En esta fase, se incluye la predicción de la magnitud del impacto y valoración cuantitativa del impacto. En adición, se resalta la importancia de la identificación de acciones y factores del medio, ya que la relación entre estos dos permitirá identificar los impactos ambientales.

## **2.3. Antecedentes del estudio**

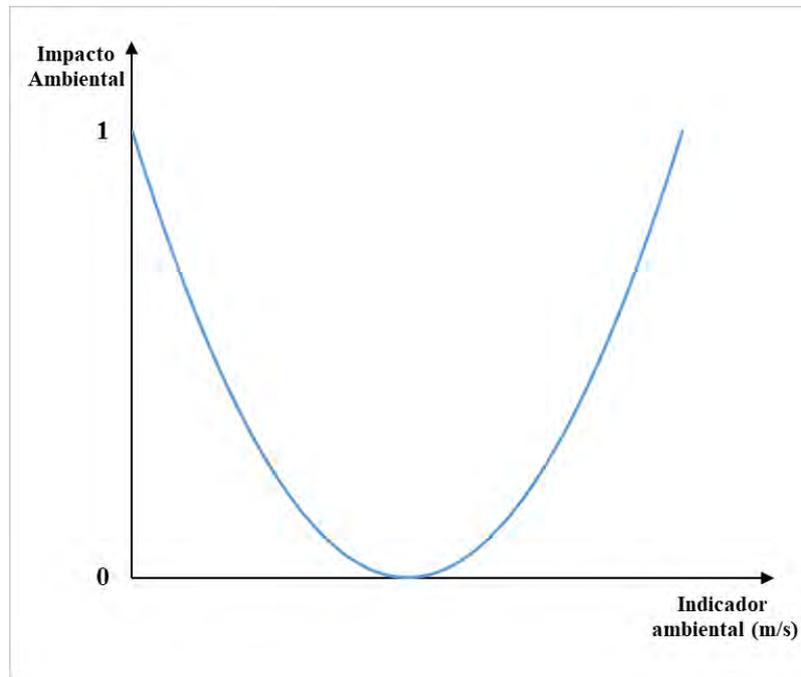
### **2.3.1. *Uso de funciones de transformación en la valoración de impactos***

La determinación de la magnitud del factor ambiental se realiza a través de la asignación de lo que se denomina indicador. Los indicadores se refieren a medidas simples de factores ambientales. Este mecanismo puede ser directo y en otras, se tendrá que recurrir a índices más complejos para la medición indirecta (Cruz et al., 2008). La importancia de los indicadores se basa en que a partir de este mecanismo es posible la cuantificación de cada impacto.

Una vez que, en el proceso de evaluación de impactos ambientales, se logra interpretar los impactos en magnitudes heterogéneas, el proceso de transformación de esas unidades heterogéneas a homogéneas resulta ser un proceso complicado que necesariamente requiere de una función de transformación para cada indicador de impacto. Un riguroso análisis para la selección de la función de transformación a aplicar en cada índice/indicador permitirá la cuantificación del impacto global de un proyecto sobre el medio ambiente.

Las funciones de transformación pueden ser lineales, logarítmicas, exponenciales o parabólicas, de pendiente positiva o negativa, o tener puntos máximos y mínimos. Todas estas características dependen de la relación calidad ambiental-magnitud (Conesa, 2010). Por ejemplo, la función lineal se suele aplicar cuando el evaluador ambiental no tiene suficiente data y recurre a esta función que puede generar error y no ser precisa. Aunque inicialmente parece que la relación más lógica debería ser la lineal, es decir, a menor magnitud, menor es el impacto ambiental, y a mayor magnitud, mayor será el impacto, existen indicadores, como la velocidad del viento, que presentan un comportamiento diferente. Alteraciones en la velocidad del viento pueden señalar la acumulación de contaminantes y cambios en la humedad relativa. Valores bajos de velocidad de viento pueden resultar incómodos debido a la falta de circulación de aire, mientras que valores elevados pueden ser peligrosos. Por lo tanto, la relación de la

velocidad del viento se asemejaría más a la Figura 2. Además de este indicador, existen otros que involucran relaciones más complejas y por lo tanto, las formas de las funciones no serán lineales (Figura 3).



*Figura 2.* Velocidad del viento

*Tomado de "Evaluación de Impacto Ambiental" por Gómez & Gómez (2013)*

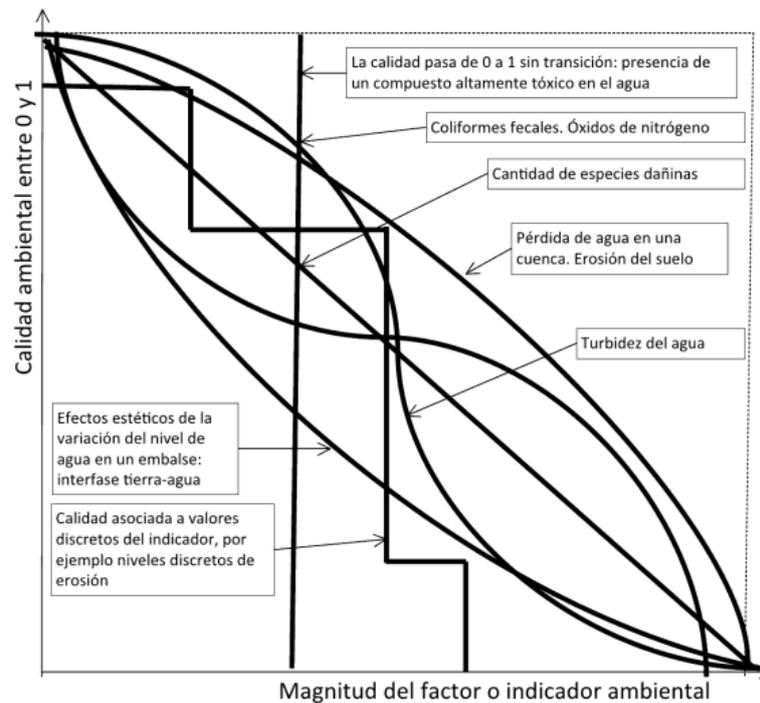


Figura 3. Ejemplo de aplicación de funciones

Tomado de "Evaluación de Impacto Ambiental" por Gómez & Gómez (2013)

Para definir la función de transformación de manera adecuada, Conesa (2010), Garmendía et al. (2005) y Gómez & Gómez (2013) plantean un procedimiento similar. En primer lugar, se debe obtener la información máxima posible (científica, normativa legal y relacionadas a la materia) del factor ambiental que se estudiará con el fin de obtener el mayor y el menor valor posible del indicador del factor para considerarlos como los valores críticos. Además, en el eje de las abscisas, se colocarán los valores máximos y mínimos de los indicadores y en el eje de las ordenadas se sitúan el 0 y el 1, ambos ejes marcados en una escala. En segundo lugar, se aplica herramientas de la EIA tales como paneles de expertos usando el método Delphi para conocer la forma de la función y, consecuentemente, si se desea afinarla para obtener mayor fiabilidad de la función se puede realizar un nuevo proceso de consultas a nuevos expertos. Finalmente, las magnitudes de los impactos ambientales se convertirán en valores, normalmente, del intervalo  $[0,1]$  de forma que se puedan sumar o comparar tales valores de los impactos.

Es común encontrar funciones de transformación que miden en el intervalo [0,1] la calidad ambiental y, posteriormente, transformar en magnitud del impacto. Garmendia et al. (2005) considera que es posible transformar directamente la magnitud del indicador ambiental en unidades homogéneas del intervalo [0,1]. Este procedimiento será considerado como base teórica sobre la que se definirá la forma de la función de transformación.

En base a lo mencionado, Garmendia et al. (2005) considera nueve formas de funciones de transformación:

1) Función lineal creciente

$$y = \frac{x - \min}{\max - \min} \quad (1)$$

Función lineal decreciente

$$y = \frac{\max - x}{\max - \min} \quad (2)$$

2) Función parabólica tipo I creciente

$$y = \frac{-x^2 + 2 \cdot \max \cdot x + \min^2 - 2 \cdot \max \cdot \min}{(\max - \min)^2} \quad (3)$$

Función parabólica tipo I decreciente

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot \max \cdot x + 2 \cdot \max^2}{(\max - \min)^2} \quad (4)$$

3) Función parabólica tipo II creciente

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot \min \cdot x + \min^2}{(\max - \min)^2} \quad (5)$$

Función parabólica tipo II decreciente

$$y = \frac{-x^2 + 2 \cdot \min \cdot x + \max^2 - 2 \cdot \max \cdot \min}{(\max - \min)^2} \quad (6)$$

4) Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro

$$y = \begin{cases} \frac{x^2 - 2 \cdot \min \cdot x + \min^2}{(A - \min)^2}, & \min \leq x \leq A \\ \frac{-x^2 + 2 \cdot \max \cdot x + \max^2}{(A - \min)^2}, & A \leq x \leq \max \end{cases} \quad (7)$$

Función decreciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro

$$y = \begin{cases} \frac{-x^2 + 2 \cdot \min \cdot x - \min^2}{(A - \min)^2}, & \min \leq x \leq A \\ \frac{x^2 - 2 \cdot \max \cdot x + \max^2}{(A - \min)^2}, & A \leq x \leq \max \end{cases} \quad (8)$$

5) Función creciente con dos parábolas, rápido extremos, lento centro

$$y = \begin{cases} \frac{-2x^2 + 2(\max + \min)x - 2 \cdot \max \cdot \min}{(\max - \min)^2}, & \min \leq x \leq \frac{\max + \min}{2} \\ \frac{2x^2 - 2 \cdot (\max + \min) \cdot x + 2 \cdot \max \cdot \min}{(\max - \min)^2}, & \frac{\max + \min}{2} \leq x \leq \max \end{cases} \quad (9)$$

Función decreciente con dos parábolas, rápido extremos, lento centro

$$y = \begin{cases} \frac{2x^2 - 2(max + min)x + 2 \cdot max \cdot min}{(Max - min)^2}, & min \leq x \leq \frac{max + min}{2} \\ \frac{-2x^2 + 2 \cdot (max + min) \cdot x - 2 \cdot max \cdot min}{(max - min)^2}, & \frac{max + min}{2} \leq x \leq máx \end{cases} \quad (10)$$

6) Función escalonada creciente

$$y = \begin{cases} 0 & min \leq x \leq A \\ a & A < x \leq B \\ b & B < x \leq C \\ c & C < x \leq D \\ 1 & D < x \leq max \end{cases}$$

donde  $0 < a < b < \dots < c < 1$  y donde  $min < A < B < C < \dots < D < Max$  (11)

Función escalonada decreciente

$$y = \begin{cases} 0 & min \leq x \leq A \\ a & A < x \leq B \\ b & B < x \leq C \\ c & C < x \leq D \\ 1 & D < x \leq max \end{cases} \quad (12)$$

donde  $1 > a > b > \dots > c > 0$  y donde  $min < A < B < C < \dots < D < Max$

Los casos particulares de funciones de transformación en escalera son los siguientes:

- 7) Existe un valor de indicador para el cual valores menores a este, la magnitud del impacto es nulo y para valores mayores a dicho indicador el impacto es 1.

$$y = \begin{cases} 0, & min \leq x < umbral \\ 1, & umbral \leq x \leq max \end{cases} \quad (13)$$

De manera inversa, existe un valor de indicador para el cual valores menores a este, el impacto es 1 y para valores mayores a este es nulo.

$$y = \begin{cases} 1, & \min \leq x < \text{umbral} \\ 0, & \text{umbral} \leq x \leq \max \end{cases} \quad (14)$$

- 8) La magnitud homogénea del impacto es constante para cualquier valor del indicador.

La expresión es la siguiente:

$$y = \text{constante} \quad (15)$$

- 9) Funciones con máximo intermedio

$$y = \frac{-x^2 + 2 \cdot a \cdot x + \min^2 - 2 \cdot a \cdot \min}{(a - \min)^2} \quad (16)$$

Funciones con mínimo intermedio

$$y = \frac{x^2 - 2 \cdot a \cdot x + a^2}{(a - \min)^2} \quad (17)$$

En la Tabla 1, se detallan las formas de funciones de transformación que consideran los autores Conesa (2010), Garmendia et al. (2005) y Gómez & Gómez (2013) . Se observa que las formas de funciones de transformación consideradas son similares, tomando en cuenta que Garmendia et al. (2005) considera las funciones de manera creciente, debido a que contempla la relación indicador versus impacto ambiental. Las funciones de transformación descritas tienen sus propias características y serán de utilidad para ser aplicadas durante la investigación.

**Tabla 1**

*Funciones de Transformación Consideradas por los Autores Conesa Fernández- Vitoria,*

*Alfonso Garmendia y Domingo Gómez Orea*

Autores	N° de funciones	Funciones de transformación
Conesa Fernandez-Vitoria	9	<p>La calidad ambiental es proporcional a la magnitud del factor</p> <p>La calidad ambiental crece rápidamente cuando la magnitud es escasa y lentamente cuando la magnitud es grande</p> <p>Los valores extremos de la calidad ambiental se dan para valores intermedios la magnitud, siendo la calidad ambiental proporcional a la magnitud</p> <p>Los valores extremos de la calidad ambiental se dan para valores intermedios la magnitud, siendo la calidad ambiental no proporcional a la magnitud</p> <p>La calidad ambiental crece lentamente cuando la magnitud es escasa y rápidamente cuando la magnitud es grande</p> <p>La calidad ambiental se magnifica en los extremos y se ralentiza en valores intermedios del factor</p> <p>La calidad ambiental varia de manera discontinua al aumentar la magnitud del factor</p> <p>La calidad ambiental se magnifica para valores intermedios del factor y se ralentiza en los extremos</p> <p>La calidad ambiental es aceptable o no aceptable a partir de un umbral de magnitud, o bien la calidad es independiente de la magnitud</p>
Alfonso Garmendia	9	<p>Función lineal creciente</p> <p>Función parabólica tipo I creciente</p> <p>Función parabólica tipo II creciente</p> <p>Función creciente con 2 parábolas, lento extremos, rápido centro</p> <p>Función creciente con 2 parábolas. rápido extremos, lento centro</p> <p>Función escalonada creciente</p> <p>Función con valor umbral creciente</p> <p>Función constante</p> <p>Funciones con máximos y mínimo intermedio</p>
Domingo Gómez Orea	8	<p>La calidad ambiental se magnifica cuando la magnitud del factor esta escasamente representado y crece menos que proporcionalmente cuando abunda</p> <p>La calidad ambiental crece menos que proporcionalmente a la magnitud para valores bajos de esta y más que proporcionalmente para valores altos de esta</p> <p>La calidad ambiental es proporcional a la magnitud del factor ambiental</p> <p>La calidad ambiental se asocia a valores discretos del factor</p> <p>La calidad ambiental se ralentiza en los extremos y se magnifica para valores intermedios de la magnitud</p>

La calidad ambiental se magnifica en los extremos y se ralentiza en los valores intermedios de la magnitud del factor

Función con un máximo de calidad ambiental en un punto intermedio

Función de calidad ambiental para valores que solo pueden variar entre aceptable e inaceptable

---

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

## 2.4.Estado del Arte

### 2.4.1. Valoración de impactos ambientales

Una vez que se identifican los impactos ambientales, producto de la interacción entre acciones y factores ambientales, se valoran en diferentes formas y diferentes intensidades, debido a que se comparan variables de diverso origen y alcance (Espinoza, 2007). Valorar consiste en medir y darle un valor. Este debe ser comparable con otras expresiones de lo que se desea estimar. Para ello, se requiere de estimaciones de referencia establecidas para poder jerarquizarlos en valores comparables. Por lo tanto, valorar significa utilizar métodos para asignar indicadores ambientales a cada impacto para luego valorarlos, y transformarlos en unidades homogéneas y comparables (Gómez & Gómez, 2013).

Existen tipos de valoración, entre estos están el simple enjuiciamiento, valoración cualitativa y valoración cuantitativa. En primer lugar, el simple enjuiciamiento consiste asignar los impactos como compatibles, severos o críticos. Este enjuiciamiento requiere un razonamiento a partir del conocimiento acumulado a lo largo de los años del técnico. En segundo lugar, la valoración cualitativa es una técnica más objetiva que permite la caracterización de los impactos según ciertos criterios establecidos. Esta valoración permite obtener un resultado numérico a diferencia del simple enjuiciamiento. Por último, la valoración cuantitativa, en la cual se realizará un mayor enfoque, implica una medida de la magnitud del

impacto mediante indicadores ambientales, de tal forma que estas mediciones en unidades heterogéneas, sean transformadas en unidades homogéneas mediante el uso de las funciones de transformación. Consecuentemente, las diferentes técnicas y/o procedimientos aplicados para la valoración (cuantitativa, cualitativa o simple enjuiciamientos) conducirán al objetivo final de una EIA, es decir, una futura interpretación de resultados acerca del efecto de un proyecto sobre el medio (físico, biológico y socioeconómico) (Cruz, 2005).

#### **2.4.2. Aplicación de funciones de transformación**

Las funciones de transformación son aplicadas a magnitudes de diferentes impactos ambientales. Existen funciones de transformación que son comúnmente usadas y otras, ya sea por diversos factores, no son aplicadas con frecuencia. Según la información recopilada de diferentes fuentes bibliográficas, hay funciones que son frecuentemente aplicadas a impactos de un factor ambiental en específico. En la Tabla 2 se aprecia, por ejemplo, que la función parabólica tipo I decreciente es aplicada con frecuencia para valorizar la concentración de contaminantes en el aire, tales como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, etc. Además, se aprecia que la función más aplicada para cuantificar impactos que afectan a diferentes factores ambientales es la función con máximo intermedio. Caso contrario, la función de calidad ambiental, constante para cualquier magnitud del impacto, presenta una escasa aplicación. Esto se debe a que, para diferentes valores del impacto ambiental, no se genera efectos en la calidad ambiental; por lo tanto, no se cumple la relación establecida por la función. Por ello, esta función no se ha considerado en la elaboración de la Tabla 2.

En conclusión, las funciones de transformación tienen una gran variedad de aplicaciones y las descritas en la tabla son las más frecuentes según Garmendia et al.(2005), Conesa (2010), Gómez & Gómez (2013) y funciones propuestas por autores tales como Mosaedi et al. (2015), Marín (2006), Melone (2007), Pereira (2007), Méndez (2009) y Guitian (2018).

**Tabla 2***Ejemplos de Aplicación de Funciones de Transformación según Autores*

<b>Funciones de transformación</b>	<b>Ejemplos de aplicaciones</b>	<b>Autores</b>
Función lineal	Existencia de cobertura de vegetación natural	Garmendia et al.(2005)
	Grado de destrucción de un valor cultural	Conesa (2010)
	Calidad de aire en función del contenido de contaminantes	Gómez y Gómez (2013)
	Abundancia de especies dañinas perteneciente a la fauna	Mendez (2009)
	Porcentaje de personas afectadas por niveles inadmisibles de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión en el aire	Guitian (2018)
	Porcentaje de personas afectadas por el nivel de ruido durante el día	
	Contenido químico de nitratos, boro, cadmio y plaguicidas en el agua	
	Concentración de sales en la disolución del suelo	
	Índice de calidad de agua	
Diversidad de especies		
Función parabólica de tipo I	Nivel de empleo como indicador de efectos socio-económicos	Garmendia et al.(2005)
	Calidad del paisaje según el valor relativo del paisaje	Conesa (2010)
	Capacidad agraria del suelo (productividad)	Gómez y Gómez (2013)
	Calidad de aire en función de olores	Marín (2006)
	Concentración media diaria de monóxido de carbono en el aire	Melone (2007)
	Concentración media anual de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, plomo y partículas en suspensión en el aire	Pereira (2007)
	Efectos estéticos de la variación del nivel de agua en un embalse	
	Partículas totales suspendidas	
	Para pérdida de vegetación terrestre	
Erosión de suelos producidos por fenómenos hidráulicos		
Función parabólica tipo II	Porcentaje de superficie vegetal cubierta	Garmendia et al.(2005)
	Capacidad productiva agraria	Conesa (2010)
	Valor ecológico del biotopo	Gómez y Gómez (2013)
	Valor relativo del paisaje	
	Complejidad de la vegetación	
	Perdida de agua en una cuenca hidrológica	
	Contenido en materiales flotantes en el agua y percepción del olor	
	Erosión del suelo	
	Calidad del aire en función de la sedimentación de polvo por unidad de superficie	
Función con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	Nivel de inmisión de óxidos de nitrógeno ponderado por el número de personas afectadas	Garmendia et al.(2005)
	Conesa (2010)	
	Concentración de la cantidad de oxígeno disuelto en agua	Gómez y Gómez (2013)
	Reconocimiento de la sequía	Mosaedi et al.,(2015)
Concentración de la cantidad de oxígeno disuelto en agua		

	Calidad del aire derivado del promedio diario de inmisión de monóxido de carbono	
	Calidad del aire en función del nivel de ruidos	
	Concentración de la cantidad de oxígeno disuelto en agua	
	Calidad del aire derivado del promedio diario de inmisión de monóxido de carbono	
	Calidad del aire en función del nivel de ruidos	
Función con dos parábolas, rápidos extremos, lento centro	Pérdida de suelo debido a erosión superficial Rareza o elementos singulares del paisaje Perdida de suelo agrícola, arenoso y arcilloso debido a erosión hídrica	Garmendia et al.(2005) Conesa (2010) Gómez y Gómez (2013)
Función escalonada	Sólidos disueltos en el agua Valores de referencia de la calidad de aire Contenido en coliformes fecales Conductividad media de las aguas según ORSANCO Niveles discretos de erosión	Garmendia et al.(2005) Conesa (2010) Gómez y Gómez (2013)
Función con valor umbral	Sustancias tóxicas en el agua Ruido con una normativa de limitación de intensidad Calidad fisicoquímica del suelo según criterio USEPA/C DFA debido a uso de plaguicidas	Garmendia et al.(2005) Conesa (2010) Gómez y Gómez (2013)
Función con máximo intermedio	Temperatura media del aire en el entorno considerado Calidad climática debido a precipitación media en el entorno considerado Calidad climática en función de la velocidad del viento Variación de la radiación solar por presencia de contaminantes Índice de acidez (pH) en el agua Relación empleo/población activa Carga ganadera óptima en una zona de pastos	Conesa (2010) Gómez (2013)
Función con mínimo intermedio	Diferencia de temperatura respecto a la que se considera el equilibrio natural Diferencia de pH	Garmendia et al.(2005)

*Nota.* USEPA= Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos; C DFA= Departamento de Alimentos y Agricultura en California; ORSANCO= Comisión de Saneamiento del Agua del Valle del río Ohio.

Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo 3: Metodología

Para el desarrollo de la investigación sobre el modelado de impactos ambientales derivados de la emisión de ruido y material particulado, se aproximará al caso de estudio mediante un enfoque cuantitativo y el diseño de la investigación será cuasi experimental. La metodología propuesta consta de 5 pasos con el fin de evaluar los impactos ambientales con el uso de funciones de transformación de manera eficientes. Los pasos a seguir se detallan en la Figura 4.



Figura 4. Esquema de la Metodología

Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1. Identificación de aspectos ambientales de importancia

#### 3.1.1. Identificación de factor ambiental

Para la identificación y selección de factores ambientales potencialmente afectados se tomará en cuenta aspectos para ser considerado como tal, es decir, deben ser representativos del entorno afectado, significativos, excluyentes, de fácil identificación en concepto e

información estadística y de fácil cuantificación dentro de lo posible. Asimismo, los factores a considerar para su posterior selección son el medio físico inerte (aire, agua y suelo); medio físico biótico (flora y fauna); medio perceptual (valor testimonial, paisaje intrínseco, intervisibilidad, componentes circulares y recursos científicos- culturales); medio socio-cultural (uso del territorio, cultural, infraestructura, humanos y estéticos); y el medio económico (economía y población). Teniendo en cuenta lo anterior, se identificará el factor ambiental potencial a experimentar modificación en cuanto a su calidad ambiental. La evaluación de la importancia del impacto ha sido tomada en cuenta para la selección del factor considerado como el más afectado.

### **3.1.2. *Árbol de acciones***

Se realizará un árbol de acciones típico de cada proyecto en consideración, dicho árbol permitirá la identificación de las acciones que se ejecutan como parte del proceso de desarrollo del proyecto. Estas acciones serán seleccionadas según la frecuencia con la que se presentan en las obras viales de estudio y, según el nivel de influencia que tengan en la generación de impactos ambientales de contaminación derivados de la emisión de ruido y material particulado. El árbol de acciones tendrá dos niveles. El primer nivel constará de las actividades generales (partidas) que conforman la etapa de construcción y el segundo nivel constará de las acciones, procesos que forman parte de la ejecución de cada partida. A continuación, en la Figura 5 se muestra el esquema básico de un árbol de acciones que será empleado en cada proyecto de los diez que conforman la presente tesis.

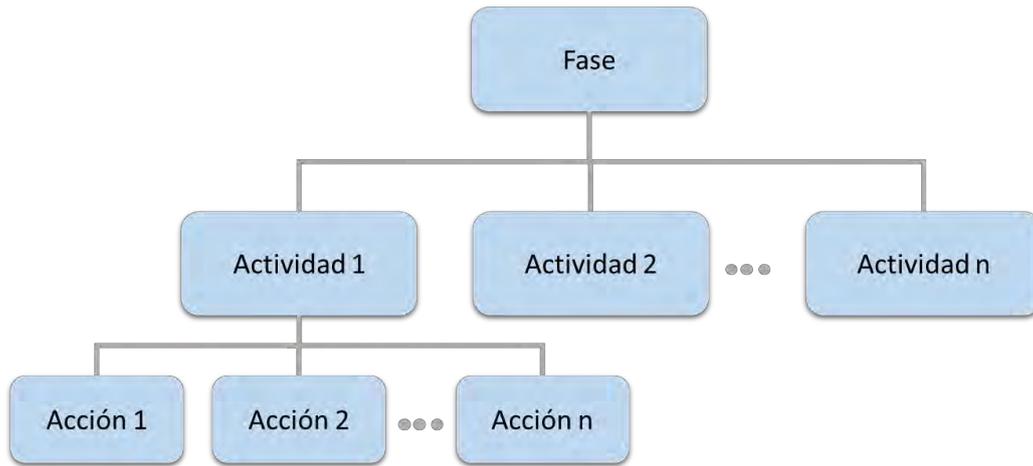
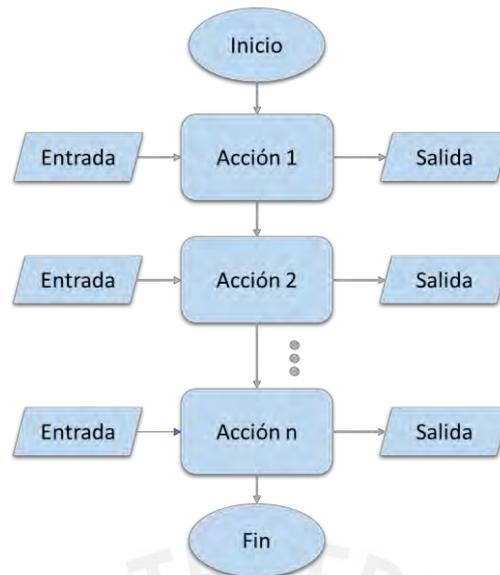


Figura 5. Árbol de acciones

Nota. Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. Cribado de aspectos ambientales

La identificación de acciones generadoras de los impactos ambientales de interés se desarrollará mediante la previa selección de las acciones que a simple intuición generan ruido y material particulado. Para ello, se aplicará el uso de diagramas de flujo para cada acción de los impactos seleccionados haciendo uso del esquema empleado en la Figura 6. En el diagrama de flujo ambiental de cada acción se detallarán las entradas y salidas, siendo las entradas todos los materiales y maquinaria empleados; la acción, los procesos que forman parte de la ejecución del proyecto; y la salida todas las emisiones, de las cuales el ruido y material particulado serán de interés. De esta manera, se podrá identificar las acciones que generen los impactos ambientales de interés.



*Figura 6.* Diagrama de flujo aplicado a cada acción

*Nota.* Fuente: elaboración propia.

Consecuentemente, para una mejor selección, con el listado de las acciones se realizará un cribado de dichas acciones mediante la aplicación de una tabla donde se considerará la frecuencia de realización de cada actividad en cada uno de los diez proyectos, objetos de estudio. Las acciones que presenten un índice de frecuencia mayor a 0.5 son las actividades que serán consideradas para el posterior análisis mediante funciones de transformación, tal índice de frecuencia hace referencia a la frecuencia o nivel de ocurrencia con la que se identificaron las actividades en los proyectos. En la Tabla 3 se muestra el formato de tabla que será empleado para el cribado de acciones. Finalmente, con las acciones ya seleccionadas se procederá a realizar todos los procesos necesarios para la cuantificación de cada impacto ambiental. De esta manera, se concluye con el proceso de identificación de aspectos ambientales representativos y típicos del tipo de proyecto en estudio.

**Tabla 3***Cuadro de cribado de acciones*

Acciones	Proyecto 1	Proyecto 2			Proyecto n	Suma	Indice de frecuencia	Asignación
A1						$\Sigma$ proyectos		No seleccionado
A2								Seleccionado
A3								
								No seleccionado
								Seleccionado
An								
Total						$\Sigma$ Suma		

*Nota.* Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Asignación de indicadores de impacto ambiental

Se hará uso de una relación de factores ambientales e indicadores de referencias bibliográficas que se usarán como guía para la elaboración y asignación de indicadores a criterio del autor. Un extracto de la guía a se muestra en la Tabla 4. Dicha tabla muestra los indicadores que se suelen aplicar a los diferentes factores y subfactores de acuerdo con su comportamiento respecto a la calidad ambiental.

**Tabla 4***Indicadores de referencia para factores y/o subfactores*

<b>Factores/subfactores</b>	<b>Indicadores</b>
<b>1.Aire.</b> Calidad del aire expresada en términos de <b>ausencia o presencia de contaminantes</b>	Índice de Calidad del Aire: ICAIRE Índice ORAQUI Índice de caracterización de tratamientos (ICT)
<b>1.1.Nivel de monóxido de carbono.</b> Concentración de este contaminante medida en la forma legalmente establecida	Promedio diario del nivel de inmisión de CO.  Ponderación del nivel diario de inmisión de CO, según la superficie de zonas homogéneas. Ponderación del nivel diario de inmisión de CO según la población afectada en cada zona. Porcentaje de personas afectadas por niveles de CO perjudiciales.
<b>1.2.Nivel de óxidos de nitrógeno.</b> Concentración de este contaminante medida en la forma legalmente establecida	Promedio diario del nivel de inmisión de NO <sub>2</sub> .  Ponderación del nivel diario de inmisión de NO <sub>2</sub> , según la superficie de zonas homogéneas. Ponderación del nivel diario de inmisión de NO <sub>2</sub> según la población afectada en cada zona.  Porcentaje de personas afectadas por niveles de NO <sub>2</sub> perjudiciales.
<b>1.3.Confort sonoro diurno.</b> Grado de bienestar en función del nivel de ruido existente durante el día	Nivel sonoro equivalente diurno en un punto crítico y/o representativo del impacto ambiental. Media ponderada del nivel equivalente (Leq.dB(A)) diurno, ponderada según la superficie de zonas homogéneas. Media ponderada del nivel equivalente (Leq.dB(A)) diurno, según el número de personas afectadas. Porcentaje de personas afectadas por niveles sonoros diurnos perjudiciales.
<b>1.4.Calidad perceptible del aire.</b> Expresión perceptible de la <b>contaminación del aire por todos los sentidos</b>	Calidad perceptible del aire según su olor y visibilidad.
<b>1.5.Polvos, humos, partículas en suspensión.</b> Concentración medida en los términos legalmente establecidos	Promedio diario del nivel de de la concentración de polvos y partículas en suspensión. Ponderación del nivel diario de concentración de polvos y partículas en suspensión, según la superficie de zonas homogéneas. Ponderación del nivel diario de concentración de polvos y partículas en suspensión según la población afectada en cada zona. Porcentaje de personas afectadas por niveles de concentración de polvos y partículas en suspensión. Deposición de polvo por unidad de superficie.

**2.Otros**

Promedio diario del nivel de inmisión de Pb.  
 Ponderación del nivel diario de inmisión de Pb, según la superficie de zonas homogéneas.  
 Ponderación del nivel diario de inmisión de Pb según la población afectada en cada zona.  
 Porcentaje de personas afectadas por niveles de Pb perjudiciales.

---

*Nota.* ORAQUI= Oack Ridge Air Quality Index; ICT= Índice de caracterización de tratamientos; CO= Monóxido de carbono; NO<sub>2</sub>= Dióxido de nitrógeno; SO<sub>2</sub>= Dióxido de azufre; ICAIRE= Índice de Calidad del Aire. Fuente: Gómez y Gómez (2013).

**3.3.Funciones de transformación**

Como se mencionó anteriormente, la identificación de la función de transformación óptima para cuantificar un impacto es un paso importante. Por ello, Garmendia et al. (2005) plantea una serie de preguntas mediante un diagrama para hacer más eficiente la identificación de la función de transformación que debe ser aplicada. Estas funciones son seleccionadas de acuerdo con la naturaleza del impacto ambiental y puede verse a mayor detalle en la Figura 7.

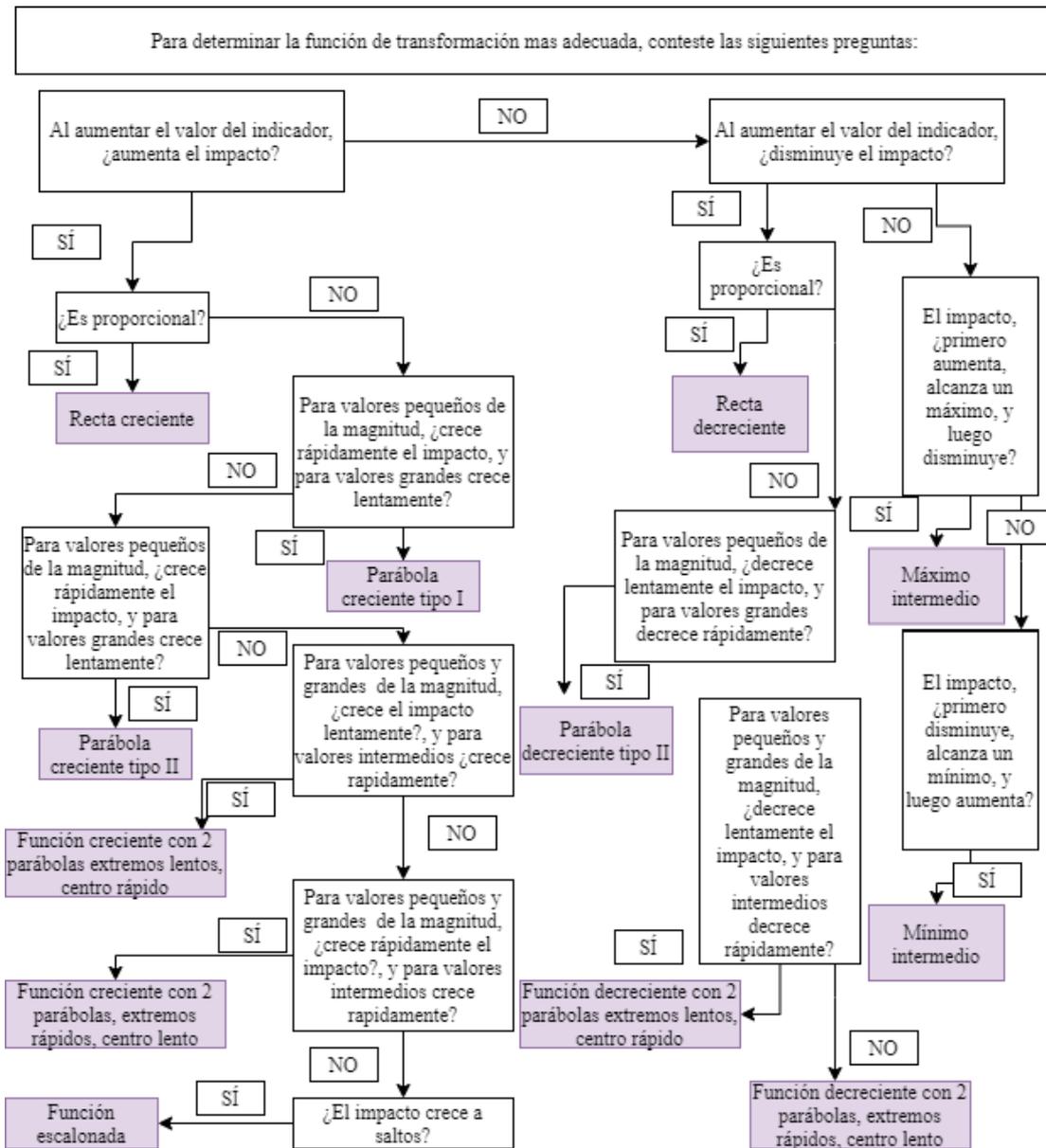


Figura 7. Diagrama de selección de funciones de transformación mediante preguntas

Tomado de "Evaluación de impacto ambiental" por Garmendia et al. (2005)

Para la selección final de funciones de transformación, en primer lugar, se hará la elección de funciones de transformación según el conocimiento previo mediante la búsqueda bibliográfica. Cada función seleccionada será aplicada a la magnitud de los impactos ambientales derivados de la emisión de sonido y material particulado obtenidos de la data de estudio. En segundo lugar, analizará estadísticamente la relación indicador-impacto de los valores obtenidos al aplicar las funciones de transformación. Y, por último, se realizará el cribado de las funciones de transformación.

## Capítulo 4: Valoración cuantitativa de impactos ambientales

### 4.1. Descripción de casos

La Tabla 5 muestra breve información relevante sobre los proyectos de estudio. Los proyectos son del área de infraestructura vial ubicados en las ciudades de Cusco, Puno, Lima, La Libertad, Cajamarca, Piura, Tumbes y Pasco. La búsqueda y selección de proyectos en diferentes locaciones se hizo con el motivo de obtener distintos datos debido a la variabilidad que ofrecen las zonas en cuanto a características del suelo y condiciones climáticas. Asimismo, los proyectos presentan etapas de planeamiento, construcción y operación similares. La información fue proporcionada por profesionales y allegados que han desempeñado un papel activo en los proyectos en cuestión.

**Tabla 5**

*Características de los proyectos de estudio*

Proyecto	Descripción	Ubicación
Mejoramiento de infraestructura vial y peatonal. Construcción de pasos a desnivel ( <b>Proyecto 1</b> )	Se plantea construcción de pasos a desnivel en intersecciones de avenidas, corte y relleno de tierra, construcción de pavimento de concreto y asfalto	Lima-Jurisdicciones de San Juan de Miraflores, Villa María del Triunfo y Villa El Salvador
Construcción de carretera Antapirca - Puente Huarmihuañuzga ( <b>Proyecto 2</b> )	Se efectuará instalación de alcantarillas, badenes y muros de contención. Construcción de cunetas de drenaje.	Departamento de Pasco, distrito de Santa Ana de Tusi
Construcción y mejoramiento de carretera ( <b>Proyecto 3</b> )	Se plantea los servicios de tratamiento con asfalto caliente y mejoramiento del tramo Alfamayo -Chaullay -Quillabamba.	Trazo vial ubicado dentro de la region Cusco-Provincia de La Convención
Rehabilitación de la carretera Dv. Cascas-Cascas ( <b>Proyecto 4</b> )	Realización de obras de rehabilitación. Mejoramiento de capa de rodadura	Departamento de La Libertad, provincia de Gran Chimú. Tramo de poblado El Cruce hasta Pampas de Cascas.
Mantenimiento periódico de la Red Vial Nacional. Sector: Sullana - Aguas Verdes ( <b>Proyecto 5</b> )	Se plantea obras pavimentación y concreto	En los departamentos de Piura y Tumbes, desde Sullana hasta Aguas Verdes.

Mejoramiento y construcción de carretera Ruta 10 ( <b>proyecto 6</b> )	Mejoramiento de carretera a nivel de asfaltado con obras de drenaje completas	Departamento La Libertad, provincia Sanchez Carrión. Tramo desde Huamachuco hasta poblado El Pallar.
Mejoramiento y construcción de carretera Pichacani y Yurac Mayo ( <b>proyecto 7</b> )	Ejecución de obras de arte, construcción de muros de contención y colocación de señalización.	Distritos de Pichacani y Yurac Mayo, en la provincia de Puno.
Mantenimiento periódico y transitabilidad de la carretera Pativilca - Conococha ( <b>proyecto 8</b> )	Ejecución de obras de arte y drenaje. Rehabilitación con carpeta asfáltica.	Zona norte de Lima. Tramo Panamericana Norte (Huaraz) - Conococha.
Rehabilitación y mejoramiento de carretera Trujillo - Huamachuco ( <b>Proyecto 9</b> )	Se plantean obras de pavimento y concreto	Departamento de La Libertad, Entre los distritos de Quiruvilca (provincia de Santiago de Chuco) y Huamachuco (provincia de Sanchez Carrión).
Obras de construcción y mejoramiento de carretera Chilete - San Pablo - Empalme Ruta 3N ( <b>Proyecto 10</b> )	Se plantea obras de pavimento y drenaje	En las provincias de Contumaza, San Pablo y Cajamarca, departamento de Cajamarca.

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.Árbol de acciones

La data consistirá en información obtenida de expedientes técnicos detallados a continuación:

- “Mejoramiento de la infraestructura vial y peatonal del eje vial de Av. De los Héroes – Av. Pachacutec y creación de pasos a desnivel en las intersecciones con la Av. San Juan, Av. Miguel Iglesias y Av. 26 de Noviembre, distrito de San Juan de Miraflores, Villa Maria del triunfo y Villa el Salvador, Lima – Lima”
- “Construcción de la carretera Antapirca – Puente Huarmihuañuzga II Etapa”
- “Construcción y mejoramiento de la carretera de Cusco – Quillabamba. Tramo: Alfamayo – Chaullay – Quillabamba”
- “Estudio definitivo de rehabilitación de la carretera Dv. Cascas – Cascas (10+620 km)”
- “Estudio definitivo de mantenimiento periódico de la Red Vial Nacional, Sector: Sullana – Aguas Verdes”

- “Estudio definitivo del mejoramiento y construcción de la carretera Ruta 10. Tramo: Huamachuco – Puente Pallar – Juanjui. Sector Huamachuco – Sacsacocha – Puente Pallar”
- “Mejoramiento y Construcción de la carretera Pichacani – Yurac Mayo, distritos de Pichacani y San Antonio. Provincia de Puno - Puno”
- “Mantenimiento periódico y transitabilidad de la carretera Pativilca – Conococha (Ruta 14) km 0+000 – Km 122+200”
- “Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Trujillo - Shiran – Huamachuco. Tramo: Alto Chicama (Callacuyan – Huamachuco)”
- “Mejoramiento a nivel de transitabilidad de la carretera Chilete – San Pablo – Empalme Ruta 3N (Km. 25 Carretera Cajamarca – Bambamarca)”

De dichos expedientes técnicos, se realizaron árboles de acciones enfocados en la etapa de interés, es decir, la etapa de construcción, ya que es la etapa crítica en la que se considera que se producirán impactos ambientales derivados de la emisión de ruido y material particulado. El árbol de acciones permitirá identificar todas las acciones relevantes de cada proyecto para una posterior obtención de impactos ambientales. A continuación, se detallan los árboles de acciones del Proyecto 1 en la Tabla 6. En los anexos, del Anexo 2 al Anexo 9 se muestran el árbol de acción de los demás proyectos en base a la etapa de interés por ser del sector vial.

**Tabla 6**

Árbol de acciones del proyecto 1

<b>Labores</b>	<b>Acciones</b>
Obras preliminares	Limpieza manual del terreno Limpieza de desmonte con maquinaria Movilización y desmovilización de equipos Trazo y replanteo

Movimiento de tierras	Corte de terreno a nivel de subrasante Perfilado y compactado en zonas de corte Relleno compactado
Pavimento	Perfilado y compactado de subrasante Colocación de base granular y sub base granular Mezcla asfáltica Imprimación asfáltica Riego de liga Colocación de concreto premezclado Curado de concreto Corte de pavimento Sellado de juntas
Obras de arte y drenaje	Excavación no clasificada para estructuras Encofrado y desencofrado Relleno con material propio manual para estructuras Solado para cimentaciones Juntas de construcción Juntas de dilatación Juntas de contracción Postensado de cables de vgas prefabricadas Conformación de cunetas Demolición de estructuras Desmontaje de puente Muro de contención
Movilización y desmovilización de materiales	Transporte de material excedente de corte y sobreexcavaciones Transporte de material procedente de cantera
Implementación / Mantenimiento de señalización	Colocación de señalización vertical Pintado de señalización Semaforización Colocación de tachas reflectivas

---

En general, las actividades más relevantes de acuerdo con los árboles de acciones de cada proyecto son las partidas de obras preliminares, movimiento de tierras, colocación de pavimento, obras de arte y drenaje, movilización y desmovilización de materiales, y la implementación y/o mantenimiento de señalización. De todas las actividades mencionadas anteriormente, se tomarán en cuenta las acciones que conforman cada una de las actividades

para cada uno de los proyectos según la información técnica. Y se procederá a hacer un cribado para la afinación de acciones a considerar para la cuantificación mediante funciones de transformación.

### 4.3. Acciones relevantes en proyecto de infraestructura vial

En relación con las acciones indicadas de cada proyecto, se elaboró un listado de las mismas y en caso se repitiesen se consideraron una sola vez en tal listado. Consecuentemente, se elaboró un diagrama de flujo ambiental. En dicho diagrama se detalla los procesos que forman parte de las acciones, las acciones obtenidas del árbol de acciones, y finalmente, los impactos ambientales. Los impactos ambientales de interés, en este caso, son los derivados de la emisión de ruido y material particulado, en los siguientes apartados se especificará más a detalle los impactos ambientales. El diagrama de flujo ambiental general se muestra en la Tabla 7 la elaboración del diagrama permite un descarte inicial para verificar que tales acciones emitan ruido y material particulado.

**Tabla 7**

*Diagrama de flujo ambiental de acciones totales*

Proceso (Entrada)	Acciones	¿Emisión de ruido y material particulado? (Salida)
Cal, pintura y estacado	Trazo y replanteo	Sí
Camiones de cama baja, plataformas, semi-trailer, camión volquete, cisterna	Movilización y desmovilización de equipo	Sí
Estación total, jalones, mira topográfica, nivel topográfico	Topografía y georreferenciación	Sí
Motoniveladora, rodillo, cisterna, tractor orugas, retroexcavadora	Acceso a canteras, plantas de proceso y fuentes de agua	Sí
Herramientas manuales, motobomba, camión cisterna, rodillo liso vibrador autopulsado, motoniveladora	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	Sí
Herramientas manuales	Reubicación de postes eléctricos de baja tensión	Sí

Herramientas manuales, tractor oruga	Corte de terreno	Sí
Rodillo liso vibratorio manual, compactador tipo plancha, herramientas manuales	Relleno con material	Sí
Rodillos compactadores, rodillo liso vibratorio, jalador de rodillo	Perfilado y compactado en zonas de corte	Sí
Herramientas manuales, motobomba, camión cisterna, rodillo liso vibrador autopropulsado, motoniveladora	Mejoramiento de suelos con material adicionado	Sí
Barreno, compresora neumática, excavadora sobre orugas, martillo neumático, herramientas manuales	Demolición de estructuras menores	Sí
Volquete, cargador sobre llantas, motosierra	Remoción de derrumbes	Sí
Herramientas manuales, motosierra, tractor orugas	Desbroce y limpieza	Sí
Herramientas manuales, tractor, tractor con ripper, explosivo	Excavación no clasificada para explanaciones	Sí
Rodillo liso vibratorio, tractor orugas, motoniveladora	Conformación de terraplenes	Sí
Herramientas manuales, tractor oruga	Extracción de material de cantera	Sí
Camión volquete, excavadora	Conformación de pedraplén	Sí
Maquina fresadora, herramientas manuales	Remoción de carpeta asfáltica	Sí
Herramientas manuales, excavadora	Banquetas en zonas de corte	Sí
Herramientas manuales, motobomba, camión cisterna, rodillo liso vibrador autopropulsado, motoniveladora	Perfilado y compactado de subrasante	Sí
Rodillo liso vibratorio, motoniveladora, material granular	Colocación de base y subbase granular	Sí
Compresora neumática, minicargador, camión imprimador, arena zarandeada	Imprimación asfáltica	Sí
Rodillo tandem vibratorio autopropulsado, rodillo neumático autopropulsado, pavimentadora sobre orugas, grupo electrógeno	Colocación de pavimento de concreto asfáltico caliente	Sí
Emulsión asfáltica, minicargador, camión imprimador	Riego de liga	Sí
Maquina pavimentadora, mezcla asfáltica, emulsión asfáltica, herramientas manuales	Parchado superficial y/o profundo	Sí
lubricantes, aditivo, herramientas manuales, mezclador de concreto, vibrador, transporte de agregado, piedra chancada	Colocación de concreto	Sí
camión cisterna	Curado de concreto	Sí

Sellante, herramientas manuales	Tratamiento de fisuras	Sí
Equipo de fresado	Fresado de pavimento	Sí
Maquina cortadora, herramientas manuales	Corte de pavimento	Sí
Imprimante para sellantes juntas, sellador de juntas, tecnopor, herramientas manuales	Sellado de juntas	Sí
compresora neumática, excavadora sobre llantas, martillo neumático, barreno	Excavación no clasificada para estructuras	Sí
aditivo curador, desmoldante para madera, herramientas manuales	Encofrado y desencofrado	Sí
Maquina cortadora, herramientas manuales	Juntas	Sí
Máquina para postensado de cable, grupo electrógeno	Postensado de cables de vigas prefabricadas	Sí
Motoniveladora, concreto, acero	Cunetas de concreto/aliviadero y alcantarillas	Sí
Agregados, camión volquete, herramientas manuales, excavadora.	Muro de piedra	Sí
Lubricantes, aditivo, herramientas manuales, mezclador de concreto, vibrador, transporte de agregado, piedra chancada, excavación manual	Muro de mampostería /Emboquillado de piedra	Sí
Herramientas manuales	Acero de refuerzo	Sí
Herramientas manuales, compactador tipo plancha, agua para obra, material granular	Colocación de tuberías galvanizadas	Sí
Excavación para estructura, piedra mediana	Instalación de gaviones	Sí
Herramientas manuales, aditivo, agregado	Resanes de estructuras	Sí
Pintura, herramientas manuales	Pase vehicular y peatonal	Sí
Herramientas manuales	Colocación de geotextil	Sí
Excavadora, herramientas manuales	Conexiones domiciliarias	Sí
Herramientas manuales, mezcladora	Muro de contención	Sí
Compactadora, pisón, agregados	Muro de tapia	Sí
Lubricantes, aditivo, herramientas manuales, mezclador de concreto, vibrador, transporte de agregado, piedra chancada, pintura, encofrado y desencofrado, excavación manual, acero de refuerzo	Colocación de hitos kilométricos	Sí

Imprimante epóxica, pintura epóxica, disolvente de pintura, motosoldadora, herramientas manuales, soldadora eléctrica	Colocación de señalización vertical	Sí
Pegamento, herramientas manuales	Colocación de tachas reflectivas	Sí
Disolvente, imprimante, pintura, máquina para pintar pavimentos, herramientas manuales	Marcas en el pavimento	Sí
Pintura anticorrosiva, pintura esmalte	Pintado de señalización	Sí
Lubricantes, aditivo, herramientas manuales, mezclador de concreto, vibrador, transporte de agregado, piedra chancada, pintura, encofrado y desencofrado, excavación manual, acero de refuerzo	Reposición/mantenimiento de postes delineadores	Sí
Concreto, camión	Instalación de guardavías	Sí
Compresora neumática, equipo de pintura	Pintado de parapetos y muros	Sí
Herramientas manuales	Colocación de captafaros	Sí
Pavimentadora	Construcción de gibas	Sí
Motosoldadora, equipo de oxicorte, herramientas manuales	Barreras de seguridad metálica	Sí
Camión volquete	Transporte de mezcla asfáltica	Sí
Herramientas manuales, camión volquete, cargador s/ llantas	Transporte de material excedente y desmonte	Sí
Volquete, cargador sobre llantas	Transporte de material de cantera	Sí

Asimismo, el índice de frecuencia, el cual se refiere a la frecuencia con la que se identificaron las actividades en los proyectos, será de importante consideración, ya que permitirá seleccionar las acciones finales significativas y las acciones no significativas, de tal forma que se obtengan las acciones más relevantes de los impactos ambientales de interés de estudio. Por lo tanto, se presenta a detalle, en la Tabla 8, un cuadro de frecuencias de las acciones que están distribuidas en filas. Se asignará un valor de 1 a las actividades que están presentes en los proyectos y se le asigna un valor de cero a las actividades que no están presentes en alguno de los proyectos. De tal forma, se seleccionarán las acciones que presentan

mayor frecuencia en los proyectos de estudio, siendo representadas mediante la letra “S” y se les asignará la letra “NS” a las acciones consideradas como ausentes o a las acciones que no serán consideradas para el tratamiento posterior. La asignación como acción frecuente “S” será para índices de frecuencia mayores a 0.05.

**Tabla 8***Cuadro de Listado de Acciones Frecuentes en Proyecto Vial*

Actividades	Proyecto										Suma	Índice de frecuencia	Asignación
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Trazo y replanteo	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	6	0.600	S
Movilización y desmovilización de equipo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1.000	S
Topografía y georreferenciación	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	5	0.500	NS
Acceso a canteras, plantas de proceso y fuentes de agua	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	0.300	NS
Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	5	0.500	NS
Reubicación de postes eléctricos de baja tensión	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.100	NS
Corte de terreno	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9	0.900	S
Relleno con material	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8	0.800	S
Perfilado y compactado en zonas de corte	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8	0.800	S
Mejoramiento de suelos con material adicionado	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	5	0.500	NS
Demolición de estructuras menores	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8	0.800	S
Remoción de derrumbes	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	7	0.700	S
Desbroce y limpieza	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9	0.900	S
Excavación no clasificada para explanaciones	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	6	0.600	S
Conformación de terraplenes	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	6	0.600	S
Extracción de material de cantera	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	4	0.400	NS
Conformación de pedraplén	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0.200	NS
Remoción de carpeta asfáltica	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.100	NS
Banquetas en zonas de corte	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.100	NS
Perfilado y compactado de subrasante	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	4	0.400	NS
Colocación de base y subbase granular	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	7	0.700	S
Imprimación asfáltica	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	7	0.700	S
Colocación de pavimento de concreto asfáltico caliente	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	7	0.700	S
Riego de liga	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	7	0.700	S
Parchado superficial y/o profundo	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0.200	NS
Colocación de concreto	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9	0.900	S
Curado de concreto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1.000	S
Tratamiento de fisuras	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4	0.400	NS
Fresado de pavimento	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.100	NS
Corte de pavimento	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.100	NS
Sellado de juntas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.100	NS
Excavación no clasificada para estructuras	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9	0.900	S
Encofrado y desencofrado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1.000	S

Juntas	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	6	0.600	S
Postensado de cables de vigas prefabricadas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.100	NS
Cunetas de concreto/aliviadero y alcantarillas	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9	0.900	S
Muro de piedra	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0.300	NS
Muro de mampostería /Emboquillado de piedra	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4	0.400	NS
Acero de refuerzo	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	7	0.700	S
Colocación de tuberías galvanizadas	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	5	0.500	NS
Instalación de gaviones	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3	0.300	NS
Resanes de estructuras	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	5	0.500	NS
Pase vehicular y peatonal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.100	NS
Colocación de geotextil	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	4	0.400	NS
Conexiones domiciliarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	NS
Muro de contención	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0.200	NS
Muro de tapia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.100	NS
Colocación de hitos kilométricos	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	6	0.600	S
Colocación de señalización vertical	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9	0.900	S
Colocación de tachas reflectivas	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	4	0.400	NS
Marcas en el pavimento	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	6	0.600	S
Pintado de señalización	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4	0.400	NS
Reposición/mantenimiento de postes delineadores	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	5	0.500	NS
Instalación de guardavías	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	5	0.500	NS
Pintado de parapetos y muros	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	4	0.400	NS
Captafaros	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0.200	NS
Construcción de gibas	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0.200	NS
Barreras de seguridad metálica	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.100	NS
Transporte de mezcla asfáltica	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	6	0.600	S
Transporte de material excedente y desmonte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1.000	S
Transporte de material de cantera	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	6	0.600	S
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>34</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>29</b>	<b>43</b>	<b>38</b>	<b>304</b>		

De este último cribado, se obtienen las acciones a considerar para el análisis mediante el uso de funciones de transformación.

- Trazo y replanteo
- Movilización y desmovilización de equipo
- Corte de terreno
- Relleno con material
- Perfilado y compactado en zonas de corte
- Demolición de estructuras menores

- Remoción de derrumbes
- Desbroce y limpieza
- Excavación no clasificada para explanaciones
- Conformación de terraplenes
- Colocación de base y subbase granular
- Imprimación asfáltica
- Colocación de pavimento de concreto asfáltico caliente
- Riego de liga
- Colocación de concreto
- Curado de concreto
- Excavación no clasificada para estructuras
- Encofrado y desencofrado
- Juntas
- Cunetas de concreto/ aliviadero y alcantarillas
- Acero de refuerzo
- Colocación de hitos kilométricos
- Colocación de señalización vertical
- Marcas en el pavimento
- Transporte de mezcla asfáltica/ material excedente y desmonte/ material de cantera.

De esta manera, las acciones anteriormente mencionadas se agruparon de acuerdo con las actividades principales a las que pertenecían, resultando en cuatro grupos: movimiento de tierras, colocación de pavimento, obras de arte y drenaje, e implementación/mantenimiento de señalización.

Las acciones mencionadas involucran la utilización de equipos de construcción, la cual resulta una significativa importancia para la estimación de la magnitud de los impactos

ambientales. A continuación, se presenta en las tablas de la Tabla 9 a la 12 el detalle de equipos influyentes de cada una de las acciones para cada una de las actividades principales mencionadas anteriormente. Asimismo, a lo largo de proceso de cuantificación de impactos ambientales para actividades, tales como movimiento de tierras, se tomarán en cuenta el tipo de actividad, características del equipo a utilizar (número de ruedas, peso promedio, velocidad), características del suelo (%finos) y precipitación que depende del proyecto y la zona donde fue ejecutada.

**Tabla 9**

*Equipos para la Actividad Movimiento de Tierras*

<b>Movimiento de tierras</b>	
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP Camión volquete 330 HP 10M3 Camión Cama Baja 25 ton Camión Cama baja 18 ton
Desbroce y limpieza	Herramientas manuales Motosierra Tractor orugas de 190-240 HP Tractor orugas de 140-160 HP Tractor de orugas 190-240 HP
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP Tractor de orugas 140-160 HP Excavadora sobre orugas 115-165 HP Herramientas manuales
Trazado y replanteo	-
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T Motoniveladora de 125HP Camión cisterna 122HP Tractor de orugas 140-160 HP Compactador tipo plancha 7 HP
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T Motoniveladora 145-150 HP Motoniveladora de 125HP
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3 Cargador S/llantas 200-250 HP

Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP Tractor de orugas de 190-240 HP Motoniveladora 125 HP
Transporte de material excedente y desmonte	Motoniveladora 140-150 HP Volquete 10M3 D=20KM Cargador S/llantas 125 HP

**Tabla 10***Equipos Para la Actividad Colocación de Pavimento*

<b>Pavimento</b>	
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP Camión volquete 330 HP 10M3 Camión Cama Baja 25 ton Camión Imprimador de 1800 GLS Camión Cama baja 18 ton
Colocación de base y subbase granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T Camión cisterna 122HP Motoniveladora de 125HP Motoniveladora de 145-150 HP
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP Minicargador 70 HP Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP Rodillo neumático Autop. 135 HP 9-26 TON Rodillo neumático Autop. 81-100HP Pavimentadora sobre orugas 69 HP Pavimentadora sobre orugas 105 HP Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP Grupo electrógeno 116 HP 75 KW Grupo electrógeno 230 HP 150KW Cargador S/ llantas 200-250 HP
Riego de liga	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP Minicargador 70 HP Camión Imprimidor de 1800 GLS
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3

**Tabla 11***Equipos Para la Actividad Obras de Arte y Drenaje*

<b>Obras de arte y drenaje</b>	
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP Camión volquete 330 HP 10M3 Camión Cama Baja 25 ton Camión Cama baja 18 ton
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM Excavadora sobre orugas Martillo neumático de 25 Kg Martillo neumático de 29 Kg Retroexcavadora S/ llantas 58 HP
Colocación de concreto	Herramientas manuales Vibrador 4HP, Cap= 1.25" Mezcladora de concreto 11P3, 18 HP
Curado de concreto	Camión cisterna Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP
Excavación no clasificada para estructuras	Excavadora S/ llantas 58 HP Martillo neumático de 25 Kg Martillo neumático de 29 Kg Compactadora tipo plancha 7HP Motoniveladora de 125HP Barreno de 5"x7/8"
Encofrado y desencofrado	Herramientas manuales
Juntas	Compresora sopladora Hidrolavadora Cortadora con disco
Acero de refuerzo	Cortadora
Transporte de material de cantera	Camión volquete 15 M3 Cargador S/ llantas 200-250HP
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP Volquete 10M3 D=20KM Cargador S/llantas 125-155 HP

**Tabla 12***Equipos Para la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización*

<b>Implementación/ Mantenimiento de señalización</b>	
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP Camión volquete 330 HP 10M3 Camión grua 6 TON Camión Cama Baja 25 ton Camión Cama baja 18 ton
Colocación hitos kilométricos	Herramientas manuales Vibrador 4HP, Cap= 1.25" Mezcladora de concreto 11P3, 18 HP
Colocación señalización vertical	Lampa Cortadora Motosoldadora 250 A Soldadora eléctrica Camión grúa 6 ton Herramientas manuales
Marcas en el pavimento	Máquina para pintar

**4.4.Indicadores ambientales**

La asignación de indicadores ambientales se realizará para los impactos ambientales derivados de la emisión de ruido y material particulado, los cuales son: Afectación de la calidad de aire producido por la alteración del confort sonoro diurno, debido al ruido emitido por maquinaria de construcción y afectación de la calidad del aire debido a concentración de partículas en suspensión producido por uso de maquinaria de construcción. Por lo tanto, se considerarán los siguientes indicadores:

- **Indicadores para medir el ruido**

El ruido se caracteriza por ser un sonido molesto o no deseado. El sonido es una vibración que se mide por su intensidad y frecuencia, y le corresponden las unidades en decibelios (dB) y hertzios (Hz), respectivamente. Por lo tanto, el indicador asignado será el

nivel sonoro diurno en punto representativo (nivel de ruido en una zona específica en la obra) del impacto ambiental.

Si bien el umbral de audición corresponde a 0 dB, en obra el valor mínimo no es de 0 dB; por lo tanto, se considerará un valor mínimo de 20 dB que corresponde a un nivel sonoro tenue (Canter, 1998). Por un lado, la zona donde se realiza el proyecto 1 es en una zona comercial; por lo tanto, según la Tabla 13, correspondería los valores mínimos y máximos que son de 20 dB y 70 dB, respectivamente. Por otro lado, la zona donde se realiza el proyecto 2 puede ser considerada como una zona residencial; por lo tanto, le corresponde los valores mínimos y máximos de 20 dB y 50 dB, respectivamente. Sin embargo, los valores de ruido considerados y obtenidos de literatura superan los máximos permitidos, por lo que el máximo valor a considerar será de 120 dB, ya que el límite para niños no debe exceder de esa cantidad para evitar la pérdida auditiva (Cabrera et al., 2017).

**Tabla 13**

*Valores máximos permitidos para el ruido*

Zona de aplicación	Valores expresados en LAeqT	
	Horario diurno	Horario nocturno
De protección	50	40
Residencial	60	50
Comercial	70	60
Industrial	80	70

*Nota.* Fuente: MINAM (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Ruido, 2003)

**Tabla 14**

*Valores Mínimos y Máximos de Ruido Para Cada Proyecto según tipo de zona*

	Zona	Valor mínimo (dB)	Valor máximo (dB)
<b>Proyecto 1</b>	Comercial	20	120
<b>Proyecto 2</b>	Residencial	20	120
<b>Proyecto 3</b>	Residencial	20	120
<b>Proyecto 4</b>	Residencial	20	120
<b>Proyecto 5</b>	Residencial	20	120

<b>Proyecto 6</b>	Residencial	20	120
<b>Proyecto 7</b>	Residencial	20	120
<b>Proyecto 8</b>	Residencial	20	120
<b>Proyecto 9</b>	Residencial	20	120
<b>Proyecto 10</b>	Residencial	20	120

- **Indicadores para medir el material particulado**

El material particulado es uno de los principales contaminantes, es una mezcla de partículas suspendidas en el aire, las cuales se clasifican de acuerdo a su tamaño (10 micras, 2.5 micras y 1 micra). Normalmente, proviene del uso de combustibles fósiles y de las emisiones de los vehículos (Ministerio del Ambiente, 2017). Sin embargo, su presencia en caminos no pavimentados o antes de ser pavimentados generan una emisión continua de polvo hacia el ambiente. En el año 2022, según el Plan Nacional de Infraestructura Sostenible para la Competitividad, se muestra que únicamente el 13.2% de la red vial departamental está pavimentada y de la red vial vecinal, la cifra es de 1.7% (Plan Nacional de Infraestructura Sostenible Para La Competitividad 2022-2025, 2022). Por lo tanto, resulta ser un contaminante silencioso que, al surgir de la interacción entre las llantas de los vehículos y partículas sueltas en la superficie, impacta tanto en la seguridad vial como en la calidad del aire debido a la formación de densas nubes de polvo (Ulate Castillo & Vargas Sobrado, 2018).

La duración en promedio de la etapa de construcción de los proyectos mencionados es de 2 años, generando una preocupación por la exposición prolongada y perjudicial del entorno. De esta manera, se hará la evaluación de los efectos acumulativos de la contaminación al factor aire por polvos debido al uso de equipos de construcción en terreno. Por lo tanto, el indicador asignado será la concentración anual de partículas en suspensión. Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda dar prioridad al promedio anual ya que proporciona una visión más equilibrada de la calidad del aire a lo largo del tiempo, también tomando en

cuenta las características de las fuentes de contaminación y condiciones locales (Organización Mundial de la Salud, 2005).

De la Tabla 15 se establece los valores máximos permitidos. Sin embargo, los valores presentes en cada proyecto superan los valores anuales permitidos de material particulado. Por lo tanto, el valor máximo de material particulado obtenido en cada proyecto será tomado en cuenta para el modelado de impactos ambientales. Y el valor mínimo considerado será cero, correspondiente a lo generado cuando el equipo está en estado estático en obra.

**Tabla 15**

*Valores máximos permitidos en 24h y anual para contaminantes*

Contaminante		Valor ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
		24h	anual
Material particulado	PM10	100	50
	PM2,5	50	25
Dioxido de azufre	SO <sub>2</sub>	250	-
Dioxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	200	100

*Nota.* Fuente: Ministerio del Ambiente (2017)

## **4.5. Estimación de ruido y material particulado**

### **4.5.1. Estimación de ruido**

En proyectos de construcción, se emplea maquinaria de construcción que emiten niveles de ruido, los cuales son cuantificados comúnmente en decibeles (dB). Los valores de niveles de ruidos en los equipos de construcción fueron extraídos de una base de datos de los niveles de ruido en equipos usados para la construcción según su uso (British Standards Institution, 2009). Todos los valores de ruido presentados en decibeles son valores medidos a 10 metros desde el origen. A continuación, de la Tabla 16 a la Tabla 19 se aprecian los diferentes valores considerados para las actividades de movimiento de tierra, colocación de pavimento, ejecución de obras de arte y drenaje, e implementación y/o mantenimiento de señalización. Debido a que

los valores fueron obtenidos de la literatura y dependen únicamente del equipo, no se considera valores dependientes de cada proyecto. Cada valor, dependiendo de la acción y actividad a realizar, es la misma para todos los proyectos.

**Tabla 16**

*Valores de Ruido en Equipos de Construcción Para la Actividad Movimiento de Tierras*

<b>Actividad: Movimiento de tierras</b>		
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Ruido (dB) a 10m</b>
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	84
	Camión volquete 330 HP 10M3	81
	Camión Cama Baja 25 ton	79
	Camión Cama baja 18 ton	83
Desbroce y limpieza	Motosierra	85
	Tractor orugas de 190-240 HP	78
	Tractor orugas de 140-160 HP	77
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	83
	Tractor de orugas 190-240 HP	86
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 140-160 HP	83
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	74
	Herramientas manuales	73
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	81
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	75
	Motoniveladora de 125HP	83
	Camión cisterna 122HP	79
	Tractor de orugas 140-160 HP	77
	Compactador tipo plancha 7 HP	82
	Camión cisterna 122HP	79
Perfilado y compactado en zonas de corte	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	81
	Motoniveladora 145-150 HP	81
	Motoniveladora de 125HP	83
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	77
	Cargador S/llantas 200-250 HP	78
	Cargador S/llantas 100-115 HP	70
	Cargador S/llantas 160-195 HP	76
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	81
	Tractor de orugas de 190-240 HP	77
	Motoniveladora 125 HP	78
	Motoniveladora 140-150 HP	81
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	85
	Cargador S/llantas 125 HP	75

**Tabla 17***Valores de Ruido en Equipos de Construcción para la Actividad Pavimento*

<b>Actividad: Pavimento</b>		
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Ruido (dB) a 10m</b>
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	84
	Camión volquete 330 HP 10M3	78
	Camion Cama Baja 25 ton	79
	Camion Imprimidor de 1800 GLS	78
	Camión Cama baja 18 ton	83
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	81
	Camión cisterna 122HP	79
	Motoniveladora de 125HP	88
	Motoniveladora de 145-150 HP	81
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	75
	Minicargador 70 HP	83
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	84
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	74
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	73
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TON	74
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	70
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	75
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	84
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	73
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	73
	Grupo electrogeno 230 HP 150KW	94
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	79
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	79

**Tabla 18***Valores de Ruido en Equipos de Construcción para la Actividad Obra de Arte y Drenaje*

<b>Actividad: Obra de arte y drenaje</b>		
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Ruido (dB) a 10m</b>
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	84
	Camión volquete 330 HP 10M3	86
	Camion Cama Baja 25 ton	79
	Camión Cama baja 18 ton	83
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	70
	Excavadora sobre orugas	86
	Martillo neumático de 25 Kg	83
	Martillo neumático de 29 Kg	83
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	92
Colocación de concreto	Herramientas manuales	70
	Vibrador 4HP, Cap= 1.25"	84
Curado de concreto	Mezcladora de concreto 11P3, 18 HP	76
Excavación no clasificada para estructuras	Camion cisterna	72
	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	71
	Excavadora S/ llantas 58 HP	73
	Martillo neumático de 25 Kg	95
	Martillo neumático de 29 Kg	95
	Compactadora tipo plancha 7HP	82
Encofrado y desencofrado	Motoniveladora de 125HP	75
	Herramientas manuales	78
	Juntas	Compresora sopladora
Acero de refuerzo	Hidrolavadora	71
	Cortadora con disco	87
	Cortadora	79
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	85
	Cargador S/ llantas 200-250HP	76
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	76
	Volquete 10M3 D=20KM	79
	Cargador S/llantas 125-155 HP	75

**Tabla 19**

*Valores de Ruido en Equipos de Construcción para la Actividad Implementación/*

*Mantenimiento de Señalización*

<b>Actividad: Implementación/ Mantenimiento de señalización</b>		
<b>Acción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Ruido (dB) a 10m</b>
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	84
	Camión volquete 330 HP 10M3	79
	Camion grua 6 TON	70
	Camion Cama Baja 25 ton	79
	Camión Cama baja 18 ton	83
Colocación hitos kilometricos	Herramientas manuales	79
	Vibrador 4HP, Cap= 1.25"	78
	Mezcladora de concreto 11P3, 18 HP	70
Colocación señalización vertical	Cortadora	85
	Motosoldadora 250 A	71
	Soldadora electrica	73
	Camión grua 6 ton	86
Marcas en el pavimento	Herramientas manuales	79
	Maquina para pintar	71

#### **4.5.2. Estimación de material particulado**

Para cada una de las actividades, se toma en cuenta toda la información brindada del expediente técnico de cada proyecto. En consecuencia, cada actividad presenta una serie de datos. En el caso de material particulado, se aplicará una expresión empírica que permite calcular un factor de emisión de polvo pasajero por milla recorrida por un vehículo en una carretera sin pavimentar (Canter, 1998). La expresión es la siguiente:

$$E = 0.81s\left(\frac{S}{30}\right)\left(\frac{360 - w}{365}\right) \quad (18)$$

Donde:

E = factor de emisión (lb/milla)

s = contenido de limo del material superficial de la carretera, %

S = velocidad media de los vehículos, millas/hora

w= media anual de números de días con 0.01 pulgadas (0.25mm) o más de lluvia

Sin embargo, la expresión es válida para velocidades entre los rangos de 30 a 50 millas/hora, es decir, 50 a 80 km/hora. Por ello, tomando en cuenta que los equipos considerados en las actividades presentan velocidades menores a 50 km/hora, se considerará la expresión de la ecuación 19. Dicha expresión también permite el cálculo de factores de emisión (E) de material particulado en unidades de Mega gramos por kilómetro recorrido de un vehículo en una vía no pavimentada (Meza et al., 2010). La expresión considera un rango amplio de velocidades y es la siguiente:

$$E = k(1.7) \left(\frac{s}{12}\right) \left(\frac{v}{48}\right) \left(\frac{P}{2.7}\right)^{0.7} \left(\frac{r}{4}\right)^{0.5} \left(\frac{365-p}{365}\right) \quad (19)$$

Donde:

k = 0.36 o 0.095 para PM10 y PM2.5

s = % retenido en la malla N°200

v = velocidad promedio del vehículo, km/hora

P = peso promedio del vehículo, Mg

r= número promedio de ruedas

p= número de días con una precipitación anual mayor o igual a 0.25 mm

La ecuación 18 y la ecuación 19 permiten el cálculo de factores de emisión ( $\mu\text{g}/\text{m}$ ) y mediante estos factores se calculará la emisión de material particulado en unidades de microgramos sobre metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Es importante mencionar que, se hace uso de ambas ecuaciones que calculan un factor de emisión ya que la emisión de polvo en el recorrido de una carretera no pavimentada se da en condiciones similares al recorrido y movimiento de tierra que hacen los equipos de construcción en el trayecto durante la ejecución de dicha carretera.

La conversión implicará elevar al cubo el factor de emisión para proporcionar una medida relativa de las emisiones en función de la distancia recorrida, lo cual permitirá una aproximación simplificada de emisiones ante la ausencia de datos sobre la dispersión atmosférica y otros factores ambientales tales como meteorológicos, topográficos, patrones climáticos, etc. En adición, la conversión para la obtención de una columna de aire de 1 m<sup>3</sup> va en congruencia con las unidades de medida que indica el Estándar de Calidad Ambiental.

Finalmente, a modo de ejemplo, en la Tabla 20 se muestra las consideraciones para la obtención de los valores de material particulado hallados para la actividad movimiento de tierras correspondiente al Proyecto 1. Asimismo, se observa todas las conversiones realizadas para la obtención final en unidades µg/m<sup>3</sup>. En anexos, del Anexo 10 al Anexo 38, se muestran las tablas correspondientes para todos los proyectos.

Adicionalmente, para la estimación de material particulado, solo se toma en cuenta las actividades de movimiento de tierra, pavimento y obras de arte y drenaje ya que los equipos de la actividad de mantenimiento e implementación de señalización no están dentro de las consideraciones de los datos que exige las expresiones de las ecuaciones 18 y 19. Se usará el valor de k igual a 0.095 para PM<sub>2.5</sub>, dado que estas partículas tienen una mayor persistencia en el aire, lo que les permite desplazarse distancias mayores y tener un alcance más amplio, y la OMS prefiere el uso de PM<sub>2.5</sub> como indicador y la valida como tal (Organización Mundial de la Salud, 2005).

A modo de detalle, se muestra el cálculo haciendo uso de las ecuaciones correspondientes:

*Acción:* Movilización y desmovilización de equipos

*Equipo:* Camioneta 84 HP

*Velocidad:* 70 km/h (ecuación 18)

$$E = 0.81 \left( \frac{8.3}{100} \right) \left( \frac{4.3}{30} \right) \left( \frac{360 - 13}{365} \right) = 0.092 \frac{lb}{milla}$$

$$1 lb = 453.592 g$$

$$1 milla = 1609.34 m$$

$$E = 0.092 \frac{lb}{milla} = 0.026 \frac{g}{m}$$

$$PM = (0.026) \frac{g}{m} * (0.026) \frac{g}{m} * (0.026) \frac{g}{m} = 1.76992E - 05 \frac{g}{m^3} = 17.7 \frac{\mu g}{m^3}$$

*Acción:* Perfilado y compactado en zonas de corte

*Equipo:* Rodillo liso vibrador Autop. 101-135 HP, 7-9 T

*Velocidad:* 11.4 km/h (ecuación 19)

$$E = 0.095(1.7) \left( \frac{5}{12} \right) \left( \frac{11.4}{48} \right) \left( \frac{7.3}{2.7} \right)^{0.7} \left( \frac{3}{4} \right)^{0.5} \left( \frac{365 - 13}{365} \right) = 0.000268 \frac{Mg}{km} = 0.268 \frac{g}{m}$$

$$PM = (0.268) \frac{g}{m} * (0.268) \frac{g}{m} * (0.268) \frac{g}{m} = 0.0192 \frac{g}{m^3} = 19201.276 \frac{\mu g}{m^3}$$

Tabla 20

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 1

Actividad: Movimiento de tierras													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (g/m)	PM (g/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	13	8.3	4		0.092	-	0.026	1.77E-05	17.699218	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	13	8.3	12	26	0.079	-	0.022	1.115E-05	11.145863	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	13	8.3	12	25	0.119	-	0.034	3.762E-05	37.617289	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	13	8.3	8	18	0.119	-	0.034	3.762E-05	37.617289	
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	13	8.3	18	20.52	-	0.0026	2.6385085	18.368577	18368577	
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	13	8.3	20	18.03	-	0.0016	1.6114775	4.1847807	4184780.7	
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	13	5	20	18.03	-	0.0004	0.3883078	0.0585502	58550.205	
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	13	5	18	20.52	-	0.0005	0.4626049	0.098999	98998.97	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	13	5	20	18.03	-	0.0004	0.3654662	0.0488137	48813.686	
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	13	5	22	23.4	-	0.0008	0.7906975	0.494346	494346.02	
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	10.5	-	13	5	3	11.1	-	0.0003	0.3307206	0.0361729	36172.93	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-	11.4	-	13	5	3	7.3	-	0.0003	0.2677791	0.0192013	19201.276	
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	13	5	6	13.54	-	0.0003	0.3378608	0.0385668	38566.793	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	13	5	10	9.9	-	0.0012	1.2197754	1.8148454	1814845.4	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	13	5	20	18.03	-	0.0004	0.3654662	0.0488137	48813.686	
	Compactador tipo rueda	1.65	-	13	5	1	0.88	-	0.0000	0.0050887	1.318E-07	0.1317714	
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	13	5.2	10	9.9	-	0.0013	1.2685664	2.0414542	2041454.2	
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	10.5	-	13	5.2	3	11.1	-	0.0003	0.3439494	0.0406896	40689.626	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	13	5.2	6	13.54	-	0.0008	0.7506653	0.4229987	422998.74	
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	13	5.2	6	13.54	-	0.0006	0.5696538	0.1848558	184855.8	
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	13	5.2	10	49.7	-	0.0020	2.0495064	8.6089031	8608903.1	
	Cargador S/llantas 200-250 HP	21.6	-	13	5.2	4	20.286	-	0.0012	1.2460624	1.9347257	1934725.7	
	Cargador S/llantas 100-115 HP	22	-	13	5.2	4	10.308	-	0.0008	0.7901205	0.4932646	493264.61	
	Cargador S/llantas 160-195 HP	20.2	-	13	5.2	4	18.585	-	0.0011	1.096008	1.3165615	1316561.5	
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	13	5.2	3	11.1	-	0.0003	0.3439494	0.0406896	40689.626	
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	13	5.2	2	20.52	-	0.0004	0.4358766	0.0828115	82811.51	
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	13	5.2	6	13.54	-	0.0006	0.5696538	0.1848558	184855.8	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	13	5.2	6	13.54	-	0.0008	0.7506653	0.4229987	422998.74	
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	13	13.7	6	16.584	-	0.0076	7.5978684	438.60673	438606732	
	Cargador S/llantas 125 HP	20	-	13	13.7	4	9.865	-	0.0018	1.8351169	6.1800388	6180038.8	

A continuación, en las Tablas 21, 22 y 23 se muestran los valores de material particulado obtenido en cada proyecto por cada actividad.

Tabla 21

*Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras*

Equipo	Actividad: Movimiento de tierra									
	Proyecto 1 PM (µg/m3)	Proyecto 2 PM (µg/m3)	Proyecto 3 PM (µg/m3)	Proyecto 4 PM (µg/m3)	Proyecto 5 PM (µg/m3)	Proyecto 6 PM (µg/m3)	Proyecto 7 PM (µg/m3)	Proyecto 8 PM (µg/m3)	Proyecto 9 PM (µg/m3)	Proyecto 10 PM (µg/m3)
Camioneta 84 HP	17.7	614.9	20.7	862.5	46.4	70.0	644.9	40.5	2.6	355.0
Camión volquete 330 HP 10M3	11.1	387.3	13.1	543.2	29.2	44.1	406.1	25.5	1.6	223.5
Camión Cama Baja 25 ton	37.6	1307.0	44.1	1833.2	98.6	148.7	1370.6	86.1	5.5	754.4
Camión Cama baja 18 ton	37.6	1307.0	44.1	1833.2	98.6	148.7	1370.6	86.1	5.5	754.4
Tractor orugas de 190-240 HP	18368577.0	23237640.6	21858285.9	31149256.5	69298874.0	74728948.5	63100468.4	1581183.9	89879.0	370096205.0
Tractor orugas de 140-160 HP	4184780.7	5294064.5	4979816.0	7096511.0	15787863.9	17024958.7	14375725.7	360229.7	20476.5	84316355.7
Tractor de orugas 140-160 HP	58550.2	338820.1	453785.7	1015644.1	1196866.7	52392.4	116212.2	11804.0	1310.5	459.7
Tractor de orugas 190-240 HP	98999.0	572890.3	767278.6	1717290.7	829045.2	88587.0	196496.0	19958.7	2215.8	777.2
Tractor de orugas 140-160 HP	48813.7	282476.5	378324.1	846749.1	408779.5	43679.9	96886.8	9841.1	1092.6	383.2
Excavadora sobre orugas 115-165 HP	494346.0	2860696.7	3831364.4	8575198.5	4139792.3	442354.6	981192.4	99662.6	11064.7	3881.1
Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	36172.9	209326.6	280353.6	627475.6	8773.6	32368.5	71797.1	7292.6	809.6	5203.8
Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP,	19201.3	111114.5	148817.0	333075.9	4657.2	17181.8	38111.3	3871.1	429.8	2762.3
Motoniveladora de 125HP	38566.8	223179.5	298906.9	669000.8	9354.2	34510.6	76548.5	7775.3	863.2	5548.2
Camión cisterna 122HP	1814845.4	10502203.0	14065722.7	31481308.3	440183.7	1623974.4	3602157.9	365881.7	40620.6	261082.0
Tractor de orugas 140-160 HP	48813.7	282476.5	378324.1	846749.1	11839.6	43679.9	96886.8	9841.1	1092.6	7022.3
Compactador tipo rueda	0.1	0.8	1.0	2.3	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
Camión cisterna 122HP	2041454.2	10502203.0	14065722.7	31481308.3	440183.7	1087936.0	3602157.9	365881.7	40620.6	261082.0
Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	40689.6	209326.6	280353.6	627475.6	8773.6	21684.4	71797.1	7292.6	809.6	5203.8
Motoniveladora 145-150 HP	422998.7	2176105.0	2914482.7	6523072.4	91208.1	225425.4	746383.8	75812.4	8416.8	54097.4
Motoniveladora de 125HP	184855.8	950985.4	1273665.8	2850665.1	39859.1	98513.7	326179.1	33131.0	3678.2	23641.2
Volquete de 15 M3	8608903.1	39063097.4	1430087919.8	59366881.7	65204265.5	4587874.2	4911269.6	3013553.7	126224.6	60085.4
Cargador S/lantas 200-250 HP	1934725.7	8778862.5	321391442.2	13341842.5	14653709.5	1031057.9	1103736.3	677252.3	28367.1	13503.3
Cargador S/lantas 100-115 HP	493264.6	2238199.6	81939795.1	3401546.2	3736011.0	262871.6	281401.2	172667.7	7232.3	3442.7
Cargador S/lantas 160-195 HP	1316561.5	5973928.3	218703667.7	9078990.6	9971703.0	701624.6	751081.6	460863.4	19303.5	9188.9
Rodillo liso vibratorio Autop 101-135	40689.6	184630.1	675679.2	627475.6	434351.8	21684.4	39172.4	7292.6	596.6	5203.8
Tractor de orugas de 190-240 HP	82811.5	375759.1	1375141.9	1277038.0	883992.6	44132.1	79723.6	14842.0	1214.2	10590.8
Motoniveladora 125 HP	184855.8	838787.5	3069657.3	2850665.1	1973290.4	98513.7	177962.7	33131.0	2710.4	23641.2
Motoniveladora 145-150 HP	422998.7	1919366.6	7024184.3	6523072.4	4515408.2	225425.4	407225.6	75812.4	6202.0	54097.4
Volquete 10M3 D=20KM	438606731.8	826738954.7	1049457232.7	602254384.2	2525629162.6	217325505.9	1062593.3	1049457232.7	221451.8	1530208.0
Cargador S/lantas 125 HP	6180038.8	11648883.6	14787019.7	8485860.3	35586517.4	3062151.0	14972.1	14787019.7	3120.3	21560.9

**Tabla 22***Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento*

<b>Actividad: Pavimentos</b>										
<b>Equipo</b>	<b>Proyecto 1 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 2 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 3 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 4 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 5 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 6 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 7 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 8 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 9 PM (µg/m3)</b>	<b>Proyecto 10 PM (µg/m3)</b>
Camioneta 84 HP	10.6	899.5	87.6	577.8	10861.2	306.6	218.8	12.0	1.5	403.9
Camión volquete 330 HP 10M3	6.7	566.4	55.2	363.9	6839.7	193.1	137.8	7.6	0.9	254.4
Camion Cama Baja 25 ton	22.6	1911.7	186.2	1228.1	23084.0	651.6	464.9	25.5	3.1	858.5
Camion Imprimidor de 1800 GLS	6.7	566.4	55.2	363.9	6839.7	193.1	137.8	7.6	0.9	254.4
Camión Cama baja 18 ton	22.6	1911.7	186.2	1228.1	23084.0	651.6	464.9	25.5	3.1	858.5
Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	17165.9	7377.8	58341.1	744847.9	45279.7	46087.2	51816.8	7292.6	662.8	18175.4
Camión cisterna 122HP	1526056.3	655885.5	5186541.3	66217176.0	4025376.5	4097168.9	4606528.5	648317.7	58925.4	1615802.0
Motoniveladora de 125HP	14449.6	6210.3	49109.1	626982.1	38114.6	38794.3	43617.2	6138.6	557.9	15299.3
Motoniveladora de 145-150 HP	178452.6	76697.3	606499.1	7743244.1	470715.8	479111.0	538674.1	75812.4	6890.6	188947.2
Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	37.0	3.9	77.2	1127.9	18.9	99.4	111.7	15.7	1.4	39.2
Minicargador 70 HP	39790.9	4175.2	83051.7	1212625.7	20337.4	106831.1	120112.3	16904.5	1536.4	42131.0
Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4096.4	429.8	8550.0	124836.8	2093.7	10998.0	12365.3	1740.3	158.2	4337.3
Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11	6011.6	630.8	8619.4	183202.1	3072.5	1416.9	18146.4	2553.9	232.1	1167.5
Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	1765.4	185.2	2531.2	53799.8	902.3	416.1	5328.9	750.0	68.2	342.9
Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TON	4027.3	422.6	5774.4	122731.7	2058.4	949.2	12156.8	1710.9	155.5	782.2
Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	3809.1	399.7	5461.5	116081.0	1946.8	897.8	11498.0	1618.2	147.1	739.8
Pavimentadora sobre orugas 69 HP	95349.7	10005.0	136713.2	2905773.8	48733.7	22474.2	287821.0	40507.6	3681.7	18518.2
Pavimentadora sobre orugas 105 HP	8942.8	938.4	12822.2	272530.1	4570.7	2107.8	26994.5	3799.2	345.3	1736.8
Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	17165.9	1801.2	24612.7	523130.5	8773.6	4046.1	51816.8	7292.6	662.8	3333.9
Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	9112.0	956.1	13064.9	277687.6	4657.2	2147.7	27505.3	3871.1	351.8	1769.7
Cargador S/ llantas 200-250 HP	4169373.0	437490.1	5978081.1	127061291.6	2130989.1	982735.2	12585600.4	1771283.3	160991.5	809748.8
Volquete 15 M3	4312940.6	71261057.0	88186023.6	45689206.1	596036580.0	18387688.7	3677430.1	772991.2	70257.0	2201356.1

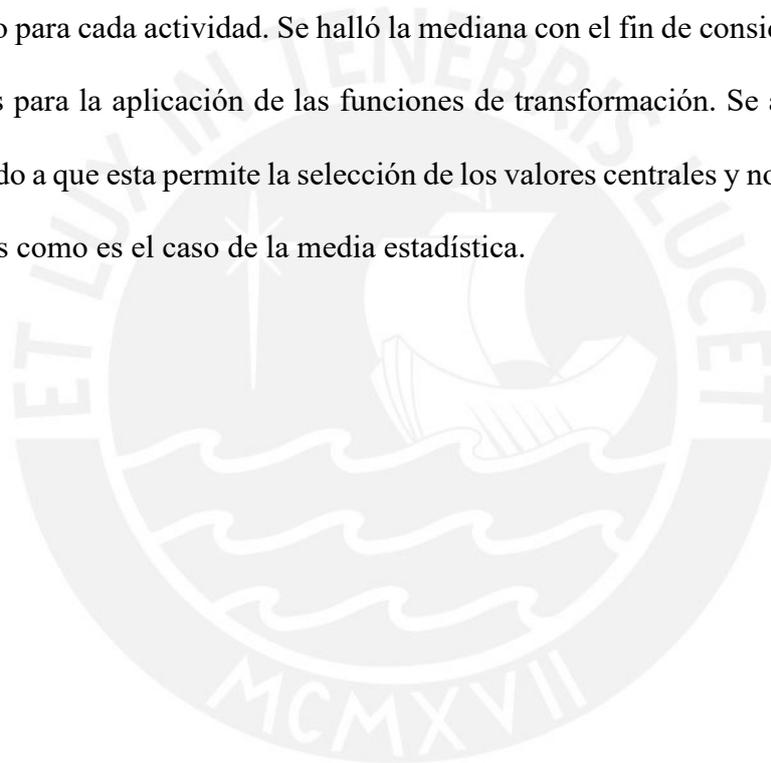
Tabla 23

*Cálculo de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje*

Equipo	Actividad: Obra de Arte y Drenaje									
	Proyecto 1 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 2 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 3 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 4 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 5 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 6 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 7 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 8 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 9 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Proyecto 10 PM( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Camioneta 84 HP	59.0	25.5	65.4	862.5	114.6	177.4	4820.8	6.1	1.5	134.7
Camión volquete 330 HP 10M3	17.9	7.7	19.8	261.1	34.7	53.7	1459.2	1.9	0.4	40.8
Camion Cama Baja 25 ton	125.4	54.1	139.0	1833.2	243.5	377.1	10246.0	13.1	3.1	286.3
Camión Cama baja 18 ton	125.4	54.1	139.0	1833.2	243.5	377.1	10246.0	13.1	3.1	286.3
Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	1604.3	0.5	1793.8	1605.9	97.1	181.4	194.9	2.0	0.0	3.7
Excavadora sobre orugas 115-150 HP	10169104.9	3461.2	11369918.3	10179230.1	615449.8	1149949.2	1235543.0	12457.8	46.4	23327.3
Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	44069.1	15.0	49272.9	44112.9	2667.1	4983.4	5354.4	54.0	0.2	101.1
Camion cisterna	66151310.1	22515.3	73962752.6	66217176.0	4003578.5	7480564.9	8037363.0	81039.7	302.0	151747.0
Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	1604.3	0.5	950.7	1605.9	97.1	181.4	194.9	2.0	0.0	3.7
Excavadora S/ llantas 58 HP	58055.6	19.8	34404.3	58113.4	3513.6	6565.1	7053.7	71.1	0.3	133.2
Compactadora tipo rueda	2.7	0.0	1.6	2.7	0.2	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0
Motoniveladora de 125HP	3380529.6	1150.6	2003332.9	3383895.5	204594.8	382279.2	410733.3	4141.4	15.4	7754.7
Camion volquete 15 M3	57478794.5	6002316.3	18559502261.6	1623543827.5	291915908.5	803650496.9	844725890.3	181062605.5	4775878.9	59540858.0
Cargador S/ llantas 200-250HP	2207418.6	230513.3	712760082.1	62350660.9	11210753.6	30863435.1	32440896.7	6953537.6	183413.1	2286610.2
Cargador S/ llantas 200-250HP	2207418.6	230513.3	712760082.1	62350660.9	11210753.6	30863435.1	32440896.7	6953537.6	183413.1	2286610.2
Volquete 10M3 D=20KM	2665223.4	278320.3	860582065.6	75281798.0	13535793.8	37264318.6	39168935.7	8395657.9	221451.8	2760838.8
Cargador S/llantas 125-155 HP	257578.9	26898.1	83170440.1	7275564.4	1308158.7	3601387.8	3785458.4	811393.3	21402.1	266819.6

#### **4.6. Modelado de impactos ambientales**

En el caso de los valores de ruido de cada equipo obtenido de la literatura, según la naturaleza de la actividad, son considerados como los finales para la aplicación de las funciones de transformación (Tabla 24). En tal tabla se muestra los valores de ruido en dB considerados por actividad, presentan diferente cantidad de maquinaria por grupo, según la naturaleza de la actividad. Corresponde a una tabla resumen de la Tabla 16 a la 19. Asimismo, en la Tabla 25, se muestran las medianas de los valores de material particulado obtenidos de los proyectos objeto de estudio para cada actividad. Se halló la mediana con el fin de considerar tales valores como los finales para la aplicación de las funciones de transformación. Se aplicó la mediana estadística, debido a que esta permite la selección de los valores centrales y no se desviará hacia valores extremos como es el caso de la media estadística.



**Tabla 24***Valores Finales de Ruido para cada Actividad*

<b>Ruido (dB)</b>			
<b>Movimiento de tierras</b>	<b>Pavimento</b>	<b>Obra de arte y drenaje</b>	<b>Implementación/mantenimiento de señalización</b>
84	84	84	84
81	78	86	79
79	79	79	70
83	78	83	79
85	83	70	83
78	81	86	79
77	79	83	78
83	88	83	70
86	81	92	85
83	75	70	71
74	83	84	73
73	84	76	86
81	74	72	79
75	73	71	71
83	74	73	
79	70	95	
77	75	95	
82	84	82	
79	73	75	
81	73	78	
81	94	77	
83	79	71	
77	79	87	
78		79	
70		85	
76		76	
81		76	
77		79	
78		75	
81			
85			
75			

**Tabla 25***Valores Finales de Material Particulado para cada Actividad*

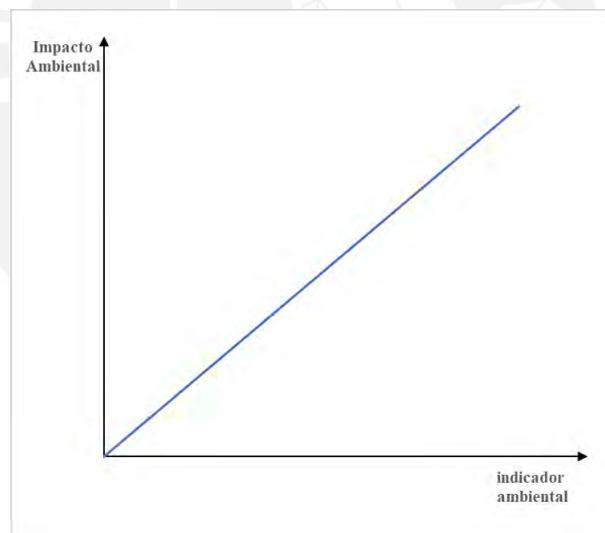
<b>Material Particulado (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>		
<b>Movimiento de tierra</b>	<b>Pavimentos</b>	<b>Obra de arte y drenaje</b>
58.2	262.7	90.0
36.6	165.4	27.2
123.7	558.3	191.2
123.7	165.4	191.2
27193448.5	558.3	139.3
6195287.7	31727.6	882699.5
87381.2	2820589.3	3825.3
147747.5	26707.0	5742071.7
72850.3	329831.5	139.3
737769.2	38.1	5039.3
34270.7	40961.0	0.2
18191.6	4216.8	293437.0
36538.7	2813.2	236489257.0
1719409.9	826.1	9082145.6
46246.8	1884.7	9082145.6
0.1	1782.5	10965725.8
1564695.1	44620.7	1059776.0
31187.0	4184.9	
324212.0	8033.1	
141684.8	4264.1	
6760086.4	1951136.2	
1519231.0	11350314.6	
387332.9		
1033821.5		
39931.0		
81267.5		
181409.3		
415112.2		
520430558.0		
7332949.5		

**4.6.1. Impacto ambiental derivado de la emisión de ruido**

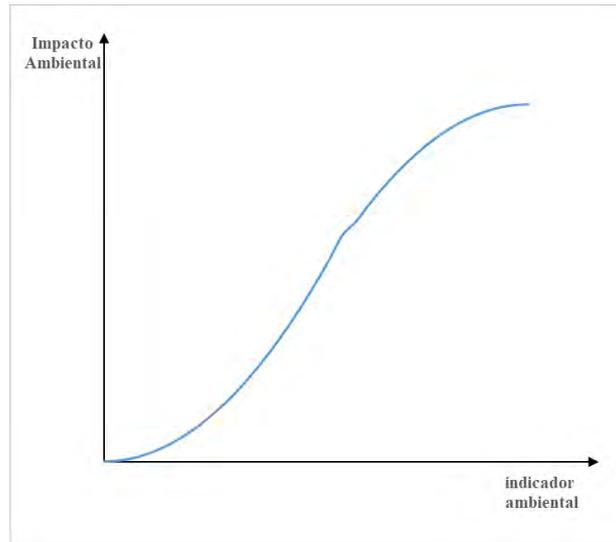
Para el modelado del impacto ambiental, afectación de la calidad de aire producido por la alteración del confort sonoro diurno debido al ruido emitido por maquinaria de construcción, se hará uso de las siguientes funciones de transformación a continuación.

- Recta creciente: es la función que implica la relación más sencilla e ideal entre la magnitud y el impacto ambiental (Figura 8).

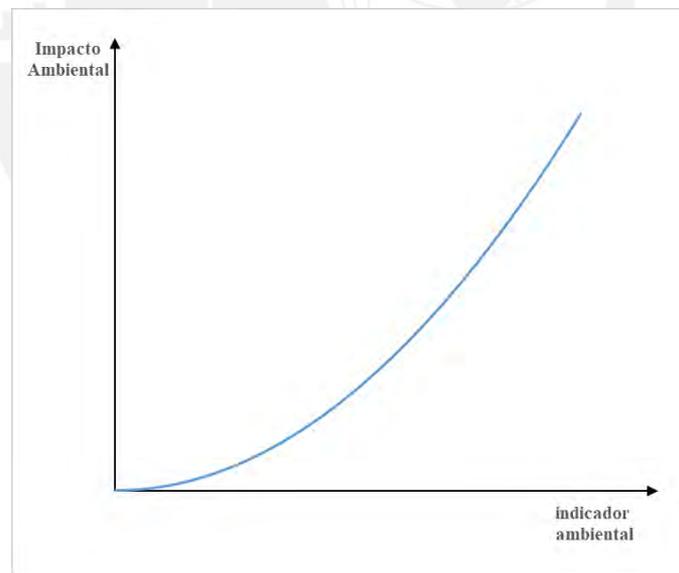
- Función creciente con dos parábolas, lentos extremos, rápido centro: Garmendia et al. (2005) indica que para valores intermedios es muy sensible la función. Esta función es la que usualmente se usa para transformar el efecto del ruido (Figura 9).
- Función parabólica tipo II creciente: Conesa (2010) considera que para valores menores crece lentamente el impacto, y el comportamiento del ruido en zonas comerciales y residenciales se aproxima a la forma de dicha función (Figura 10).
- Función parabólica de tipo I creciente: siguiendo el lineamiento planteado por Garmendia (2005), la percepción de la población al ruido, relacionado con la calidad del aire, muestra que, para valores menores a un máximo de tolerancia, crece progresivamente y pasando este valor resulta intolerable todo el tiempo de su duración (Figura 11).



*Figura 8. Recta creciente*



*Figura 9.* Función creciente con dos parábolas, lentos extremos, rápido centro



*Figura 10.* Función parabólica tipo II creciente

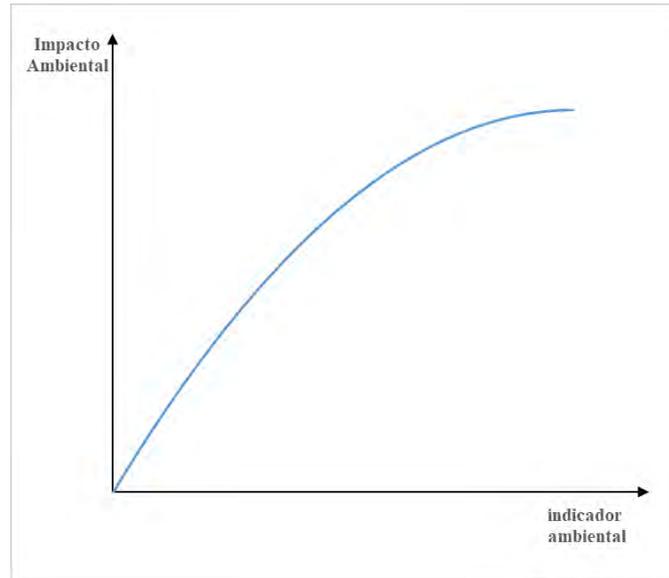


Figura 11. Función parabólica de tipo I creciente

Las funciones mencionadas anteriormente son aplicadas, debido a que el comportamiento de dichas funciones se aproxima al comportamiento del nivel sonoro diurno de un punto representativo respecto al impacto ambiental según autores. Es importante mencionar que no se está considerando la operación en paralelo de las maquinarias con un incremento de ruido logarítmico, lo cual tampoco es un inconveniente ya que el valor que se toma en cuenta es el más crítico, es decir, el valor más alto en dB y de mayor exposición. Esto debido al simple hecho que si por ejemplo existen tres maquinarias con diferentes valores de nivel de intensidad (Rodillo liso vibrador Autop. 70-100 HP = 75 dB, Motoniveladora 125 HP = 83 dB, Camión cisterna 122 HP = 79 dB) el nivel resultante o percibido no sería la suma ni el promedio de los tres. La presión sonora resultante sería calculada de la siguiente manera (acorde a la teoría de la acústica):

$$L_{total} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}$$

$$L_{resultante} = 10 \log [(10^{75/10} + 10^{83/10} + 10^{79/10})] = 84.92 \text{ dB}$$

De tal calculo, se aprende que cuando se combinan los niveles, el resultado es casi igual al nivel mayor. De manera similar siguiendo la lógica, si dos niveles difieren en 6 dB, la combinación es aproximadamente 1 dB más alta que el nivel mayor. Si los dos difieren por 10 dB o más el resultado es esencialmente el mismo que el del nivel mayor (Kinsler et al., 2009). Por otro lado, la duración de la operación de las máquinas también es un factor importante a considerar junto con sus niveles de ruido, un camión cisterna para una actividad en concreto presente un nivel de 79 dB en un periodo de 30 minutos, pero una motoniveladora presenta un nivel de 83 dB en un periodo de 120 minutos. En tal caso, la exposición es mayor tanto en dB como en duración. Consecuentemente, se toma los valores en el caso más crítico, es decir, el valor con mayor presión sonora y mayor duración en el tiempo ya que según teoría el valor resultante es igual o muy próximo al valor máximo.

Las magnitudes de impacto obtenidas, en el rango de 0 a 1, para las actividades de movimiento de tierras, colocación de pavimento, obras de arte y drenaje, e implementación/ mantenimiento de señalización se muestran en las tablas a continuación.

**Tabla 26**

*Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Movimiento de Tierra*

Actividad: Movimiento de tierras				
Ruido (dB) a 10m	Recta creciente	Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	Función parabólica tipo II creciente	Función parabólica de tipo I creciente
70	0.5	0.50	0.25	0.75
73	0.53	0.56	0.28	0.78
74	0.54	0.58	0.29	0.79
75	0.55	0.60	0.30	0.80
75	0.55	0.60	0.30	0.80
76	0.56	0.61	0.31	0.81
77	0.57	0.63	0.32	0.82
77	0.57	0.63	0.32	0.82
77	0.57	0.63	0.32	0.82
77	0.57	0.63	0.32	0.82
78	0.58	0.65	0.34	0.82

78	0.58	0.65	0.34	0.82
78	0.58	0.65	0.34	0.82
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
81	0.61	0.70	0.37	0.85
81	0.61	0.70	0.37	0.85
81	0.61	0.70	0.37	0.85
81	0.61	0.70	0.37	0.85
81	0.61	0.70	0.37	0.85
81	0.61	0.70	0.37	0.85
82	0.62	0.71	0.38	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
84	0.64	0.74	0.41	0.87
85	0.65	0.76	0.42	0.88
85	0.65	0.76	0.42	0.88
86	0.66	0.77	0.44	0.88

**Tabla 27***Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Pavimento*

Actividad: Pavimento				
Ruido (dB) a 10m	Recta creciente	Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	Función parabólica tipo II creciente	Función parabólica de tipo I creciente
70	0.5	0.50	0.25	0.75
73	0.53	0.56	0.28	0.78
73	0.53	0.56	0.28	0.78
73	0.53	0.56	0.28	0.78
74	0.54	0.58	0.29	0.79
74	0.54	0.58	0.29	0.79
75	0.55	0.60	0.30	0.80
75	0.55	0.60	0.30	0.80
78	0.58	0.65	0.34	0.82
78	0.58	0.65	0.34	0.82
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
81	0.61	0.70	0.37	0.85
81	0.61	0.70	0.37	0.85
83	0.63	0.73	0.40	0.86

83	0.63	0.73	0.40	0.86
84	0.64	0.74	0.41	0.87
84	0.64	0.74	0.41	0.87
84	0.64	0.74	0.41	0.87
88	0.68	0.80	0.46	0.90
94	0.74	0.86	0.55	0.93

**Tabla 28**

*Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Obras de Arte y Drenaje*

Actividad: Obras de Arte y Drenaje				
Ruido (dB) a 10m	Recta creciente	Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	Función parabólica tipo II creciente	Función parabólica de tipo I creciente
70	0.5	0.50	0.25	0.75
70	0.5	0.50	0.25	0.75
71	0.51	0.52	0.26	0.76
71	0.51	0.52	0.26	0.76
72	0.52	0.54	0.27	0.77
73	0.53	0.56	0.28	0.78
75	0.55	0.60	0.30	0.80
75	0.55	0.60	0.30	0.80
76	0.56	0.61	0.31	0.81
76	0.56	0.61	0.31	0.81
76	0.56	0.61	0.31	0.81
77	0.57	0.63	0.32	0.82
78	0.58	0.65	0.34	0.82
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
82	0.62	0.71	0.38	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
83	0.63	0.73	0.40	0.86
84	0.64	0.74	0.41	0.87
84	0.64	0.74	0.41	0.87
85	0.65	0.76	0.42	0.88
86	0.66	0.77	0.44	0.88
86	0.66	0.77	0.44	0.88
87	0.67	0.78	0.45	0.89
92	0.72	0.84	0.52	0.92
95	0.75	0.88	0.56	0.94
95	0.75	0.88	0.56	0.94

**Tabla 29**

*Transformación de Valores de Ruido de la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización*

Actividad: Implementación/ Mantenimiento de Señalización				
Ruido (dB) a 10m	Recta creciente	Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	Función parabólica tipo II creciente	Función parabólica de tipo I creciente
70	0.50	0.50	0.25	0.75
70	0.50	0.50	0.25	0.75
71	0.51	0.52	0.26	0.76
71	0.51	0.52	0.26	0.76
73	0.53	0.56	0.28	0.78
78	0.58	0.65	0.34	0.82
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
79	0.59	0.66	0.35	0.83
83	0.63	0.73	0.40	0.86
84	0.64	0.74	0.41	0.87
85	0.65	0.76	0.42	0.88
86	0.66	0.77	0.44	0.88

#### **4.6.2. Impacto Ambiental derivado de la emisión de material particulado**

Para el modelado del impacto ambiental, afectación de la calidad del aire debido a concentración de partículas en suspensión producido por uso de maquinaria de construcción, las funciones a emplear serán las detalladas a continuación.

- Recta creciente: es la función que implica la relación más sencilla e ideal entre el la magnitud y el impacto ambiental.
- Función parabólica de tipo I creciente: según bibliografía de Gómez & Gómez (2013) , señala que el comportamiento de las concentraciones de partículas en suspensión se aproxima a tal función.
- Función parabólica de tipo II creciente: según bibliografía de Gómez & Gómez (2013) , para valores muy pequeños de nivel de inmisión, el impacto crece

lentamente y para valores mayores, aumenta progresivamente. Asimismo, se sugiere que su comportamiento es próximo a dicha función debido a que la deposición de polvo por unidad de superficie tiene un comportamiento similar. Es decir, mayor deposición de polvo por unidad de superficie implica una mayor emisión de polvo.

- Función creciente con dos parábolas lento extremos, rápido centro: Garmendia et al. (2005) indica que a partir de un valor intermedio es muy sensible la función. Es decir, a partir de un valor del indicador, se produce más impacto y que continua en crecimiento.

Las cuatro funciones descritas son usadas para interpretar el comportamiento de la emisión del material particulado y la magnitud del impacto, este último en el rango de 0 a 1. Los resultados obtenidos fueron los que se muestran en las tablas a continuación.

**Tabla 30**

*Transformación de Valores de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras*

<b>Actividad: Movimiento de tierras</b>				
<b>PM(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Recta creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo I creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo II creciente</b>	<b>Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro</b>
<b>0.1</b>	2.3988E-10	4.7976E-10	5.7543E-20	1.1509E-19
<b>36.6</b>	7.0411E-08	1.4082E-07	4.9576E-15	9.9153E-15
<b>58.2</b>	1.1181E-07	2.2362E-07	1.2501E-14	2.5003E-14
<b>123.7</b>	2.3764E-07	4.7527E-07	5.6471E-14	1.1294E-13
<b>123.7</b>	2.3764E-07	4.7527E-07	5.6471E-14	1.1294E-13
<b>18191.6</b>	3.4955E-05	6.9908E-05	1.2218E-09	2.4437E-09
<b>31187.0</b>	5.9925E-05	1.1985E-04	3.5911E-09	7.1821E-09
<b>34270.7</b>	6.5851E-05	1.3170E-04	4.3363E-09	8.6726E-09
<b>36538.7</b>	7.0209E-05	1.4041E-04	4.9293E-09	9.8585E-09
<b>39931.0</b>	7.6727E-05	1.5345E-04	5.8870E-09	1.1774E-08
<b>46246.8</b>	8.8863E-05	1.7772E-04	7.8965E-09	1.5793E-08
<b>72850.3</b>	1.3998E-04	2.7994E-04	1.9595E-08	3.9189E-08
<b>81267.5</b>	1.5615E-04	3.1228E-04	2.4384E-08	4.8768E-08
<b>87381.2</b>	1.6790E-04	3.3578E-04	2.8191E-08	5.6382E-08
<b>141684.8</b>	2.7225E-04	5.4442E-04	7.4117E-08	1.4823E-07

147747.5	2.8389E-04	5.6771E-04	8.0596E-08	1.6119E-07
181409.3	3.4858E-04	6.9703E-04	1.2150E-07	2.4301E-07
324212.0	6.2297E-04	1.2455E-03	3.8809E-07	7.7618E-07
387332.9	7.4425E-04	1.4880E-03	5.5392E-07	1.1078E-06
415112.2	7.9763E-04	1.5946E-03	6.3622E-07	1.2724E-06
737769.2	1.4176E-03	2.8332E-03	2.0096E-06	4.0193E-06
1033821.5	1.9865E-03	3.9690E-03	3.9461E-06	7.8922E-06
1519231.0	2.9192E-03	5.8298E-03	8.5216E-06	1.7043E-05
1564695.1	3.0065E-03	6.0040E-03	9.0393E-06	1.8079E-05
1719409.9	3.3038E-03	6.5967E-03	1.0915E-05	2.1830E-05
6195287.7	1.1904E-02	2.3667E-02	1.4171E-04	2.8342E-04
6760086.4	1.2989E-02	2.5810E-02	1.6872E-04	3.3745E-04
7332949.5	1.4090E-02	2.7982E-02	1.9853E-04	3.9707E-04
27193448.5	5.2252E-02	1.0177E-01	2.7303E-03	5.4605E-03
520430558.0	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00

Tabla 31

*Transformación de Valores de Material Particulado de la Actividad Pavimentos*

<b>Actividad: Pavimento</b>				
<b>PM(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Recta creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo I creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo II creciente</b>	<b>Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro</b>
38.1	3.3566E-06	6.7132E-06	1.1267E-11	2.2534E-11
165.4	1.4574E-05	2.9147E-05	2.1239E-10	4.2477E-10
165.4	1.4574E-05	2.9147E-05	2.1239E-10	4.2477E-10
262.7	2.3142E-05	4.6284E-05	5.3556E-10	1.0711E-09
558.3	4.9186E-05	9.8369E-05	2.4192E-09	4.8384E-09
558.3	4.9186E-05	9.8369E-05	2.4192E-09	4.8384E-09
826.1	7.2786E-05	1.4557E-04	5.2978E-09	1.0596E-08
1782.5	1.5705E-04	3.1407E-04	2.4664E-08	4.9327E-08
1884.7	1.6604E-04	3.3206E-04	2.7571E-08	5.5141E-08
2813.2	2.4785E-04	4.9565E-04	6.1432E-08	1.2286E-07
4184.9	3.6871E-04	7.3728E-04	1.3594E-07	2.7189E-07
4216.8	3.7152E-04	7.4289E-04	1.3802E-07	2.7605E-07
4264.1	3.7568E-04	7.5123E-04	1.4114E-07	2.8228E-07
8033.1	7.0774E-04	1.4150E-03	5.0090E-07	1.0018E-06
26707.0	2.3530E-03	4.7004E-03	5.5365E-06	1.1073E-05
31727.6	2.7953E-03	5.5828E-03	7.8137E-06	1.5627E-05
40961.0	3.6088E-03	7.2046E-03	1.3023E-05	2.6047E-05
44620.7	3.9312E-03	7.8470E-03	1.5455E-05	3.0909E-05
329831.5	2.9059E-02	5.7274E-02	8.4444E-04	1.6889E-03
1951136.2	1.7190E-01	3.1425E-01	2.9550E-02	5.9100E-02
2820589.3	2.4850E-01	4.3525E-01	6.1754E-02	1.2351E-01
11350314.6	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00

Tabla 32

*Transformación de Valores de Material Particulado de la Actividad Obras de Arte y Drenaje*

<b>Actividad: Obra de arte y drenaje</b>				
<b>PM (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Recta creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo I creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo II creciente</b>	<b>Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro</b>
<b>0.2</b>	9.9493E-10	1.9899E-09	9.8988E-19	1.97976E-18
<b>27.2</b>	1.1517E-07	2.3035E-07	1.3265E-14	2.653E-14
<b>90.0</b>	3.805E-07	7.61E-07	1.4478E-13	2.89559E-13
<b>139.3</b>	5.8886E-07	1.1777E-06	3.4675E-13	6.93504E-13
<b>139.3</b>	5.8886E-07	1.1777E-06	3.4675E-13	6.93504E-13
<b>191.2</b>	8.087E-07	1.6174E-06	6.54E-13	1.30799E-12
<b>191.2</b>	8.087E-07	1.6174E-06	6.54E-13	1.30799E-12
<b>3825.3</b>	1.6175E-05	3.235E-05	2.6164E-10	5.23281E-10
<b>5039.3</b>	2.1309E-05	4.2618E-05	4.5407E-10	9.08146E-10
<b>293437.0</b>	0.0012408	0.00248007	1.5396E-06	3.07919E-06
<b>882699.5</b>	0.00373251	0.0074511	1.3932E-05	2.78633E-05
<b>1059776.0</b>	0.00448129	0.00894249	2.0082E-05	4.01639E-05
<b>5742071.7</b>	0.02428048	0.04797141	0.00058954	0.001179083
<b>9082145.6</b>	0.03840405	0.07533323	0.00147487	0.002949742
<b>9082145.6</b>	0.03840405	0.07533323	0.00147487	0.002949742
<b>10965725.8</b>	0.04636881	0.09058756	0.00215007	0.004300133
<b>236489257.0</b>	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00	1.0000E+00

## Capítulo 5: Análisis de Resultados

### 5.1. Análisis estadístico de la emisión de ruido

#### 5.1.1. Movimiento de tierra

**Tabla 33**

*Resultados de Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la Actividad Movimiento de Tierras*

Actividad: Movimiento de tierras				
Funciones	Recta creciente (1)	Función creciente con dos parabolas, lento extremos, rapido centro (2)	Función parabólica tipo II creciente (3)	Función parabólica de tipo I creciente (4)
Test de Shapiro- Wilk			distribución normal	
Test de d'Agostino-Pearson			distribución normal	
Prueba de ANOVA			$p$ -valor < 0.05	
Prueba de Tukey HSD	<i>HSD</i>		0.0299	
	$d$ de Cohen: (1) y (2)		1.617	
	$d$ de Cohen: (1) y (3)		5.212	
	$d$ de Cohen: (1) y (4)		5.212	
	$d$ de Cohen: (2) y (3)		6.829	
	$d$ de Cohen: (2) y (4)		3.594	
	$d$ de Cohen: (3) y (4)		10.429	
Test de Dunnett	$d$ de Cohen: (1) y (2)		1.617	
	$d$ de Cohen: (1) y (3)		5.212	
	$d$ de Cohen: (1) y (4)		5.212	

Para la actividad movimiento de tierra, al realizar la caracterización del conjunto de datos, se verificó mediante el *Test de Shapiro Wilk* y *D'Agostino Pearson*, la distribución que presentaba cada función de transformación. Si el  $p$ -valor es mayor al valor alfa, entonces los datos presentan una distribución normal. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, al aplicar ambos test se obtuvo que el  $p$ -valor es mayor al alfa. Por lo tanto, se asume que la distribución es normal (Tabla 33).

Debido a que la distribución de la muestra es normal, se procederá a aplicar técnicas estadísticas de estimación de parámetros tales como el análisis de varianza (ANOVA), *prueba de Levene*, *método de Tukey* y el *test de Dunnett*. Las diferentes pruebas mencionadas

anteriormente permitirán estimar ciertos parámetros del conjunto de datos. La Tabla 33 muestra que el  $p$ -valor correspondiente es de 0 aproximadamente. Como el nivel de significancia es 0.05 y el valor de  $p$  es menor, sugiere que al menos un tratamiento es distinto.

Para conocer los grupos o grupo que representa la diferencia, se aplica la prueba de *Tukey HSD*. De la comparación de grupos en la prueba de *Tukey* (Tabla 33), en todos los casos, se obtuvo  $p$ -valores menores al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, sí hay diferencias comparando los resultados de la aplicación de las funciones de transformación entre los grupos.

Asimismo, por un lado, la tabla muestra el valor de la diferencia significativa honesta (*HSD*). Tal valor es importante, ya que es un comparador de valores promedios entre dos muestras y, en adición, permite una comparación múltiple. Por otro lado, la *d de Cohen* indica que tan significativas en tamaño son las diferencias entre las dos muestras, en este caso, que tan diferentes son los resultados al usar cada una de las funciones de transformación. De esta forma, todas las parejas de grupos son distintas entre ellas porque la diferencia significativa es mayor, en todos los casos, al *HSD*. En adición, se interpreta que hay una diferencia grande entre la función parabólica tipo II creciente y la función parabólica tipo I creciente.

Finalmente, para complementar y enriquecer los resultados, la Tabla 33 también muestra a mayor detalle el principio de Parsimonia mediante el *test de Dunnett*. Este último compara las diferentes funciones de transformación con la función de transformación recta creciente para identificar la función de transformación óptima y/o descartar la subóptima para la actividad movimiento de tierras.

Se tomo de referencia la función lineal porque el principio de la simplicidad o Parsimonia sugiere que el modelo simple suele ser la mejor elección, siempre que explique los datos de manera adecuada y precisa, la función lineal es la ecuación de referencia, es decir, un referente con el que hacemos las comparaciones. Si bien los indicadores bajo estudio no exhiben un

comportamiento sumamente complejo, tampoco se ajustan al 100% a las condiciones de linealidad y simplicidad interpretativa. En consecuencia, su comportamiento se encuentra en proximidad o cercanía a la linealidad, aunque no puede ser considerado completamente lineal en sí mismo.

Es importante destacar que el principio de Parsimonia no implica que siempre se deban utilizar funciones lineales en todas las situaciones. La elección de la función de transformación adecuada depende en gran medida de la naturaleza de los datos y del fenómeno que se esté estudiando.

Si se compara cada una de las tres funciones con la función recta creciente como muestra el test, la función parabólica tipo II creciente es la que presenta mayor diferencia siguiendo el lineamiento del principio de Parsimonia, el cual contempla que los modelos simples son preferibles (Sánchez, 2020). Como se mencionó anteriormente, la ecuación lineal es considerada como un referente o testigo para hacer las comparaciones con las otras funciones. Por lo tanto, tomando en cuenta todo el análisis, el tratamiento mediante las funciones (2) y (4) son las que se aproximan más al comportamiento del ruido para la actividad movimiento de tierras. Es decir, estas dos funciones son las que deben ser usadas para la cuantificación del impacto ambiental de la actividad movimiento de tierras.

### 5.1.2. Actividad colocación de pavimento

**Tabla 34**

*Resultados de Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la Actividad Colocación de Pavimento*

Actividad: Colocación de pavimento				
Funciones	Recta creciente (1)	Función creciente con dos parabras, lento extremos, rapido centro (2)	Función parabólica tipo II creciente (3)	Función parabólica de tipo I creciente (4)
Test de Shapiro- Wilk	distribución normal			
Test de d'Agostino-Pearson	distribución normal			
Prueba de ANOVA	$p$ -valor < 0.05			
Prueba de Tukey HSD	<i>HSD</i>		0.0511	
	$d$ de Cohen: (1) y (2)		1.040	
	$d$ de Cohen: (1) y (3)		3.602	
	$d$ de Cohen: (1) y (4)		3.602	
	$d$ de Cohen: (2) y (3)		4.642	
	$d$ de Cohen: (2) y (4)		2.562	
	$d$ de Cohen: (3) y (4)		7.205	
Test de Dunnett	$d$ de Cohen: (1) y (2)		1.040	
	$d$ de Cohen: (1) y (3)		3.602	
	$d$ de Cohen: (1) y (4)		3.602	

La aplicación de la prueba de *Shapiro Wilk* y *D'Agostino Pearson* muestran que los datos provienen de una distribución normal. Mediante la prueba de *ANOVA*, se rechaza la hipótesis nula y se identifica que al menos un tratamiento es diferente. Consecuentemente, con la prueba de *Tukey HSD* se aprecia en la Tabla 34 diferencias significativas entre la comparación de las aplicaciones de las diferentes funciones de transformación que se observan en los grupos 1 y 2, ya que se obtiene valores mayores al valor *HSD*. Finalmente, mediante los valores  $d$  de Cohen, se observa una diferencia significativa entre la función parabólica tipo II creciente y la función parabólica tipo I creciente.

Si se compara cada uno de los grupos como muestra la Tabla 34, el tratamiento mediante las funciones (2) y (4) son las que se aproximan más al comportamiento del ruido en la actividad de colocación de pavimento. Es decir, las funciones (2) y (4) son las que pueden ser usadas para una mejor aproximación de la cuantificación del impacto ambiental de la tarea constructiva.

### 5.1.3. Actividad obras de arte y drenaje

**Tabla 35**

Resultados Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la Actividad Obras de Arte y Drenaje

		Actividad: Obras de arte y drenaje			
Funciones		Recta creciente (1)	Funcion creciente con dos parabolos, lento extremos, rapido centro (2)	Función parabólica tipo II creciente (3)	Función parabólica de tipo I creciente (4)
Test de Shapiro- Wilk		distribución normal			
Test de d'Agostino-Pearson		distribución normal			
Prueba de ANOVA		$p$ -valor < 0.05			
Prueba de Tukey HSD	HSD				0.057
	$d$ de Cohen: (1) y (2)				0.857
	$d$ de Cohen: (1) y (3)				2.844
	$d$ de Cohen: (1) y (4)				2.844
	$d$ de Cohen: (2) y (3)				3.701
	$d$ de Cohen: (2) y (4)				1.988
	$d$ de Cohen: (3) y (4)				5.689
Test de Dunnett	$d$ de Cohen: (1) y (2)				0.857
	$d$ de Cohen: (1) y (3)				2.844
	$d$ de Cohen: (1) y (4)				2.844

Los valores obtenidos mediante la aplicación de diferentes funciones de transformación son sometidos al test de *Shapiro Wilk* y *D' Agostino Pearson*, obteniéndose una distribución normal.

Consecuentemente, se aplican las diferentes pruebas como se hizo para la actividad movimiento de tierras y se detallan en la Tabla 35. De la misma forma, las funciones (2) y (4) son las que pueden ser usadas para una mejor aproximación de la cuantificación del impacto ambiental de la tarea constructiva según el lineamiento del principio de Parsimonia, el cual contempla que los modelos simples son preferibles.

### 5.1.4. Actividad Implementación y mantenimiento de señalización

Los valores obtenidos mediante la aplicación de diferentes funciones de transformación son sometidos al test de *Shapiro Wilk* y *D' Agostino Pearson*, obteniéndose una distribución normal. Asimismo, se valida que al menos un tratamiento es diferente con la prueba de

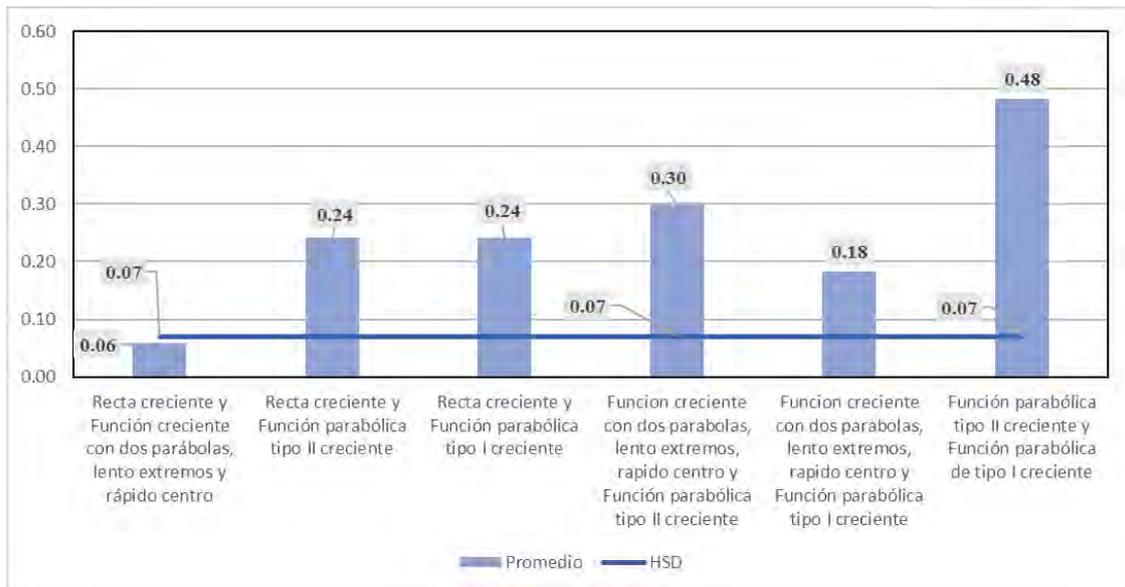
*ANOVA*. En la prueba de *Tukey HSD*, complementado la información con la Figura 12, se observa que no hay diferencias significativas entre la comparación de las aplicaciones ente la función recta creciente y la función creciente con dos parábolas, lento extremos y rápido centro ya que el promedio es menor al valor *HSD* ( $0.06 < 0.07$ ). Siendo entonces esta última, la seleccionada para su uso en la actividad.

**Tabla 36**

*Resultados de Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD para la*

*Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización*

Actividad: Implementación y mantenimiento de señalización				
Funciones	Recta creciente (1)	Funcion creciente con dos parabolos, lento extremos, rapido centro (2)	Función parabólica tipo II creciente (3)	Función parabólica de tipo I creciente (4)
Test de Shapiro- Wilk	distribución normal			
Test de d'Agostino-Pearson	distribución normal			
Prueba de ANOVA	$p$ -valor < 0.05			
Prueba de Tukey HSD	<i>HSD</i>		0.070	
	$d$ de Cohen: (1) y (2)		0.838	
	$d$ de Cohen: (1) y (3)		3.447	
	$d$ de Cohen: (1) y (4)		3.447	
	$d$ de Cohen: (2) y (3)		4.286	
	$d$ de Cohen: (2) y (4)		2.609	
	$d$ de Cohen: (3) y (4)		6.894	
Test de Dunnett	$d$ de Cohen: (1) y (2)		0.838	
	$d$ de Cohen: (1) y (3)		3.447	
	$d$ de Cohen: (1) y (4)		3.447	



*Figura 12.* Prueba de Tukey HSD Aplicado a la Actividad Implementación/ Mantenimiento de Señalización

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Basándonos en los resultados estadísticos obtenidos en las actividades previas, se concluye que la aplicación de las funciones (2) y (4) es igualmente efectiva en las actividades de movimiento de tierras, obras de arte, drenaje y colocación de pavimento para estimar la magnitud del impacto de ruido. Estas funciones ofrecen una estimación adecuada, independientemente de la actividad de construcción. Sin embargo, en el caso de la actividad de Implementación y mantenimiento de señalización, se recomienda preferentemente el uso de la función (2) para la estimación de la magnitud del impacto por ruido. Asimismo, se sugiere descartar la función (3) como método de estimación de la magnitud del impacto ambiental por ruido en proyectos de construcción del rubro de carreteras.

Se realizó un análisis individual de cada actividad, con la expectativa de encontrar diferencias en los resultados debido a las variaciones en la cantidad de equipos utilizados, así como en la intensidad sonora y, por ende, en el nivel de ruido en decibelios (dB) generado por cada maquinaria en cada una de las actividades. Esto sugiere que los tratamientos estadísticos

y los valores obtenidos podrían diferir. Sin embargo, en contraposición a las expectativas iniciales, los resultados indicaron que la elección de la función (2) es la misma y aplicable de manera consistente en todas las actividades por lo tanto no tiene mayor sentido modelar con mayor detalle cada una de las actividades mencionadas porque el resultado será el mismo.

## 5.2. Análisis estadístico de la emisión de material particulado

### 5.2.1. Actividad Movimiento de tierras

Para la actividad movimiento de tierras, el análisis estadístico mostraba una distribución no normal y también la transformación de sus datos mostraba una distribución no normal. Por lo tanto, se aplica la prueba no paramétrica de Friedman, la cual es la alternativa a la prueba paramétrica ANOVA.

**Tabla 37**

*Medianas del Grupo de Datos*

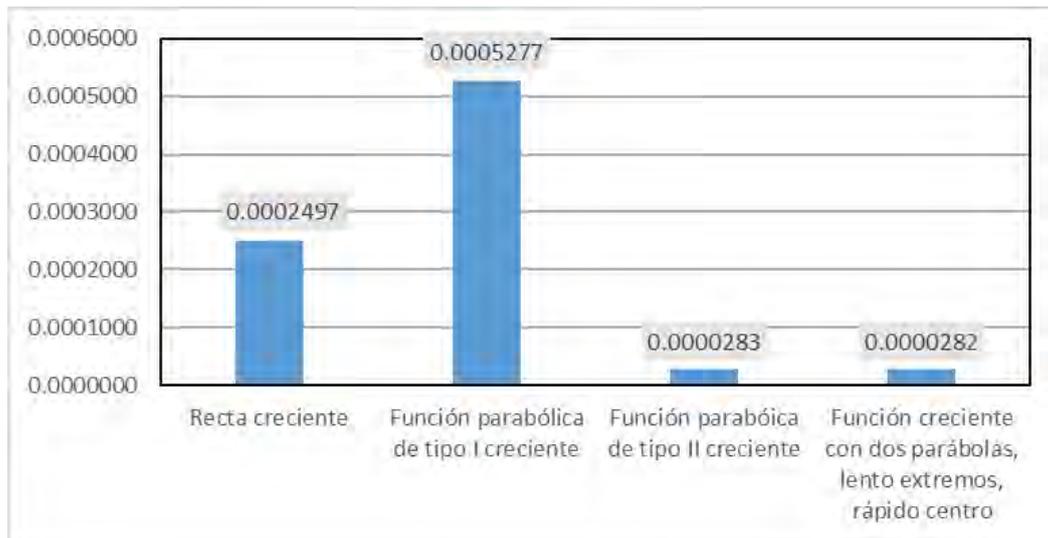
	<b>Recta creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo I creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo II creciente</b>	<b>Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro</b>
<b>Mediana</b>	0.000278070	0.000556063	7.73569E-08	1.54714E-07

**Tabla 38**

*Prueba No Paramétrica de Friedman*

<b>Prueba de Friedman</b>	
mediana	2.83926E-05
<i>p</i> -valor	1.50463E-36
alfa	0.05

De la prueba de Friedman (Tabla 38) el *p*-valor es menor al alfa, por lo que las diferencias entre algunas de las medianas, según la Tabla 37, son significativas. Por otro lado, la mediana general es de 2.83926E-05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tales valores de la mediana y *p*-valor son importantes para encontrar la función de transformación más efectiva para la actividad de movimiento de tierras.



*Figura 13.* Distancia entre mediana general y mediana de cada función

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 13, se observa que la función parabólica tipo II creciente y la función creciente con dos parábolas, lento extremos y rápido centro, son las que más se aproximan a la mediana. Y se obtiene que el tratamiento mediante la función parabólica de tipo I creciente es la que más se desvía del comportamiento del indicador de la actividad movimiento de tierras. Por lo tanto, las funciones que deben usarse para la cuantificación de magnitud del impacto ambiental para tal actividad es la función parabólica de tipo II creciente o la función con dos parábolas, lento extremos, rápido centro.

### **5.2.2. Actividad de colocación de pavimento**

Los valores homogeneizados de la actividad colocación de pavimento no presentan una distribución normal; por lo tanto, los datos fueron transformados con la aplicación de la recíproca de *logaritmo base 10*. De esta manera, los valores obtenidos presentan una distribución normal. Por lo tanto, no fue necesario aplicar la prueba no paramétrica de Friedman como la actividad anterior.

**Tabla 39**

*Valores Obtenidos de la Transformación Recíproca de Logaritmo Base 10 para Actividad*

*Colocación de Pavimento*

<b>Recta creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo I creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo II creciente</b>	<b>Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro</b>
-4.636	-4.335	-9.271	-8.970
-4.836	-4.535	-9.673	-9.372
-4.308	-4.007	-8.616	-8.315
-4.836	-4.535	-9.673	-9.372
-4.308	-4.007	-8.616	-8.315
-2.554	-2.253	-5.107	-4.806
-0.605	-0.361	-1.209	-0.908
-2.628	-2.328	-5.257	-4.956
-1.537	-1.242	-3.073	-2.772
-5.474	-5.173	-10.948	-10.647
-2.443	-2.142	-4.885	-4.584
-3.430	-3.129	-6.860	-6.559
-3.606	-3.305	-7.212	-6.911
-4.138	-3.837	-8.276	-7.975
-3.780	-3.479	-7.560	-7.259
-3.804	-3.503	-7.608	-7.307
-2.405	-2.105	-4.811	-4.510
-3.433	-3.132	-6.867	-6.566
-3.150	-2.849	-6.300	-5.999
-3.425	-3.124	-6.850	-6.549
-0.765	-0.503	-1.529	-1.228
0.000	0.000	0.000	0.000

En la Tabla 40 se observa que el p-valor es menor al nivel de significancia de 0.05; por lo tanto, se aplica la prueba de *Tukey HSD*. Si se compara cada una de las tres funciones con la función recta creciente como muestra la tabla, la función parabólica tipo I creciente es la que no tiene un tratamiento muy diferente al de la recta creciente por presentar un valor ínfimo de 0.123. Además, el valor promedio (-0.283) resulta ser menor al valor crítico de Dunnett, el cual es 2.39. De esta manera, no hay diferencias en la comparación de parejas entre la función de transformación recta creciente y la función parabólica tipo I creciente y por lo tanto, la función que debe ser aplicada para esta actividad es la función parabólica tipo I creciente.

**Tabla 40**

*Resultados de Aplicación de Prueba de Shapiro Wilk, D' Agostino Pearson, ANOVA y Tukey*

*HSD a la Actividad Colocación de Pavimento*

Actividad: Colocación de pavimento					
Funciones		Recta creciente (1)	Función parabólica tipo I creciente (2)	Función parabólica tipo II creciente (3)	Funcion creciente con dos parabolos, lento extremos, rapido centro (4)
Test de Shapiro- Wilk					distribución normal
Test de d'Agostino-Pearson					distribución normal
Prueba de ANOVA					$p$ -valor < 0.05
Prueba de Tukey HSD	<i>HSD</i>				1.808
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (2)				0.123
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (3)				1.393
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (4)				1.267
	<i>d</i> de Cohen: (2) y (3)				1.516
	<i>d</i> de Cohen: (2) y (4)				1.391
	<i>d</i> de Cohen: (3) y (4)				0.126
Test de Dunnett					0.123
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (2)				0.123
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (3)				1.393
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (4)				1.267

### 5.2.3. Actividad obras de arte y drenaje

Los valores homogeneizados de la actividad obras de arte y drenaje no presentan una distribución normal; por lo tanto, los datos fueron transformados con la aplicación de la recíproca de *logaritmo base 10* (Tabla 41). De esta manera, se obtuvieron los valores transformados con una distribución normal.

**Tabla 41**

*Valores Obtenidos de la Transformación Recíproca de Logaritmo Base 10 para Actividad*

*Obras de Arte y Drenaje*

<b>Recta creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo I creciente</b>	<b>Función parabólica de tipo II creciente</b>	<b>Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro</b>
-6.420	-6.119	-12.839	-12.538
-6.939	-6.638	-13.877	-13.576
-6.092	-5.791	-12.184	-11.883
-6.092	-5.791	-12.184	-11.883
-6.230	-5.929	-12.460	-12.159
-2.428	-2.128	-4.856	-4.555
-4.791	-4.490	-9.582	-9.281
-1.615	-1.319	-3.229	-2.928
-6.230	-5.929	-12.460	-12.159
-4.671	-4.370	-9.343	-9.042
-9.002	-8.701	-18.004	-17.703
-2.906	-2.606	-5.813	-5.512
0.000	0.000	0.000	0.000
-1.416	-1.123	-2.831	-2.530
-1.416	-1.123	-2.831	-2.530
-1.334	-1.043	-2.668	-2.367
-2.349	-2.049	-4.697	-4.396

De la misma manera, se aplican las diferentes pruebas y se observa en la que no hay diferencias entre la comparación de parejas, tales como la función de transformación recta creciente y la función parabólica tipo I creciente, y entre la función parabólica tipo II creciente y la función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro. Además, si se compara cada una de las tres funciones con la función recta creciente como muestra la Tabla 42, la función parabólica tipo I creciente es la que tiene un tratamiento no muy diferente al de la recta creciente ya que presenta un valor ínfimo (0.068) en comparación a las otras funciones. Por ende, la función seleccionada para la cuantificación del impacto ambiental por material particulado en esta actividad es la función parabólica tipo I creciente.

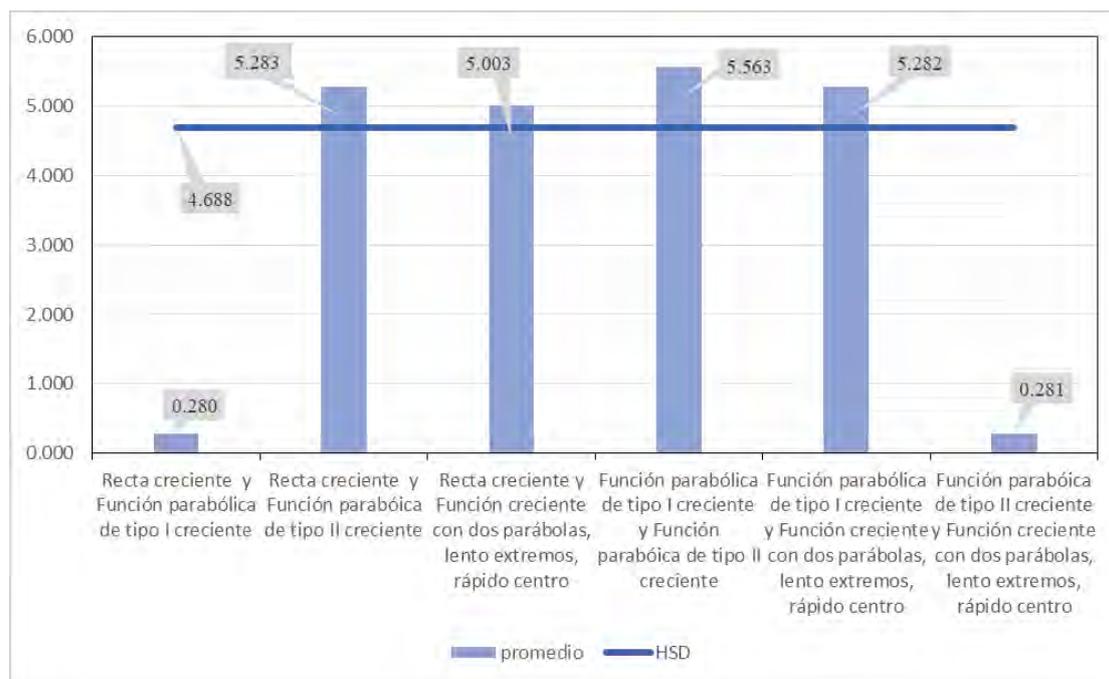


Figura 14. Prueba de Tukey HSD Aplicado a la Actividad Obras de Arte y Drenaje

Tabla 42

Resultados de Aplicación de Prueba de Shapiro Wilk, D'Agostino Pearson, ANOVA y Tukey HSD a la Actividad Obras de Arte y Drenaje

Actividad: Obras de arte y drenaje				
Funciones	Recta creciente (1)	Función parabólica tipo I creciente (2)	Función parabólica tipo II creciente (3)	Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro (4)
Test de Shapiro- Wilk	distribución normal			
Test de d'Agostino-Pearson	distribución normal			
Prueba de ANOVA	$p$ -valor < 0.05			
Prueba de Tukey HSD	<i>HSD</i>	4.688		
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (2)	0.058		
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (3)	1.09		
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (4)	1.032		
	<i>d</i> de Cohen: (2) y (3)	1.147		
	<i>d</i> de Cohen: (2) y (4)	1.089		
	<i>d</i> de Cohen: (3) y (4)	0.058		
Test de Dunnett	<i>d</i> de Cohen: (1) y (2)	0.068		
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (3)	1.075		
	<i>d</i> de Cohen: (1) y (4)	1.006		

De los resultados individuales de cada actividad, se obtuvieron resultados diferentes debido a las variaciones en la cantidad de equipos utilizados, condiciones climáticas de la zona

de ubicación de proyectos, propiedades del suelo, etc. Esto sugiere que los tratamientos estadísticos y los valores obtenidos podrían diferir. De esta forma, de acuerdo a las expectativas iniciales, los resultados fueron variados, la función parabólica tipo I creciente es aplicable a las actividades colocación de pavimento y, obras de arte y drenaje y las funciones parabólica tipo II creciente y creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro para la actividad movimiento de tierras.



## Discusión de Resultados

Para la valoración de impactos ambientales derivados de la emisión de ruido y material particulado en proyectos de infraestructura vial, se ha tenido que recolectar datos presentes en las partidas de los proyectos viales. Para ello, se tuvo que analizar los diferentes procesos y factores existentes para la ejecución del mismo, tomando en cuenta, principalmente, equipos de construcción y condiciones del entorno (clima, suelo, etc.). A continuación, se discutirá los resultados obtenidos en el estudio.

La identificación del factor ambiental no fue un obstáculo para el estudio, ya que fue previamente seleccionado según criterio con el fin de realizar la evaluación cuantitativa más específica y no generalizada. La consideración de más factores, lo cual es posible, hubiese implicado un estudio extensivo para elegir el mejor tratamiento para cuantificar cada impacto debido a la existencia de más indicadores ambientales.

Como se expuso anteriormente, para la selección de funciones de transformación a tratar se tomó en cuenta criterios de valoración por autores tales como Gómez & Gómez (2013), Conesa (2010) y Garmendia et al.(2005). En el caso del indicador nivel sonoro diurno en punto representativo, autores consideran que las funciones usadas en el estudio son las que se suelen aplicar, debido a que su tratamiento es el que mejor se adecua a la cuantificación de la afectación de la calidad del aire producido por las emisiones sonoras. En adición, a criterio, según el lineamiento de Garmendia et al.(2005), se seleccionó otra función adicional. Al analizar los resultados, como se muestra en la Tabla 43, se obtuvo que la función creciente parabólica tipo I y la función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro son aplicables y deben ser usadas para el modelado de impactos ambiental para las actividades movimiento de tierras, colocación de pavimento y, obras de arte y drenaje. Asimismo,

únicamente la función creciente con dos parábolas, lento extremo y rápido centro aplica en el caso de la actividad Implementación y mantenimiento de señalización.

En el caso de la cuantificación de emisión de partículas en suspensión, como se muestra en la Tabla 44, la función creciente parabólica tipo II y la creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro es la que mejor se aduce para la actividad movimiento de tierras. Y, únicamente, la función parabólica tipo I es la que debe ser empleada para las actividades colocación de pavimento y, obras de arte y drenaje. En las tablas a continuación se pueden ver los resultados comparativos resumidos según lo descrito.

**Tabla 43**

*Comparación de Funciones según valores para indicador: Nivel Sonoro Diurno en un Punto Representativo*

Indicador: Nivel sonoro Diurno en un Punto Representativo								
Funciones		Movimiento de tierras		Pavimento		Obras de Arte y drenaje		Implemento/Mantenimiento de señalización
		d cohen	Dunnet	d cohen	Dunett	d cohen	Dunnet	Tukey HSD (HSD= 0.07)
Funcion creciente con dos parabolas, lento extremos, rapido centro (2)	(1) y (2)	1.617	1.617	1.040	1.040	0.857	0.857	0.060
Función parabólica tipo II creciente (3)	(2) y (3)	6.829	5.212	4.642	3.602	3.701	2.844	0.300
Función parabólica de tipo I creciente (4)	(2) y (4)	3.594	5.212	2.562	3.602	1.988	2.844	0.180

*Nota.* (1) = Recta creciente

**Tabla 44**

*Comparación de Funciones según valores para indicador: Concentración Anual de Polvos y Partículas en Suspensión.*

<b>Indicador: Concentración anual de polvos y partículas en suspensión</b>				
<b>Funciones</b>	<b>Movimiento de tierras</b>	<b>Pavimento</b>		<b>Obras de Arte y drenaje</b>
	<b>mediana</b>	<b>d cohen</b>	<b>Dunnet (d-crit=2.39)</b>	<b>d cohen</b>
Recta creciente	0.000278			
Función parabólica de tipo I creciente	0.000556	0.123	-0.283	0.068
Función parabólica de tipo II creciente	7.736E-08	1.393	3.186	1.075
Función creciente con dos parábolas, lento extremos, rápido centro	1.547E-07	1.267	2.899	1.006

El criterio aplicado para el descarte y preferencia de las funciones mencionadas anteriormente fue mediante el análisis estadístico y bajo el principio de Parsimonia. La aplicación de la simplicidad y linealidad permite facilidad de interpretación y toma de decisiones. Sin embargo, a pesar de la preferencia por la linealidad, los indicadores ambientales de la presente tesis no se ajustan perfectamente a una función lineal recta. Se decidió buscar una función que se aproxime lo más posible a una función lineal recta para mantener el grado de simplicidad, pero reconociendo la necesidad de un mejor ajuste de los datos. De las funciones propuestas y reconocidas en la literatura de autores y el tratamiento mediante pruebas estadísticas se justifica la proporción de un ajuste significativamente mejor que una función lineal pura (función de control) con la que finalmente, se seleccionaron las funciones.

Para la elección de la función de transformación, la literatura sugiere un proceso y este debe complementarse con la experiencia como sería el caso del panel de expertos. El panel de expertos proporciona conocimiento especializadas y que es complicado obtener de otras fuentes. Asimismo, la perspectiva diversa de los miembros ofrece una gama más amplia de opciones y llega a un consenso sólido debido a la experiencia colectiva. Sin embargo, teniendo

en cuenta lo anterior, el análisis estadístico no está sujeto a sesgos cognitivos y son objetivos, se basan en criterios cuantitativos y datos observables. Además, permiten una exploración sistemática de diversas funciones de transformación lo que facilita la detección de patrones y relaciones no lineales de manera más eficaz que depender únicamente de la intuición subjetiva de un grupo de expertos. La elección entre el tratamiento estadísticos y panel de expertos dependerá de las circunstancias de la investigación y la naturaleza del impacto ambiental. Por ende, puede ser apropiado combinar ambas aproximaciones. Utilizando métodos estadísticos como base y panel de expertos para refinar y validar resultados.

Considerando que los métodos estadísticos, aplicados a las diferentes funciones de transformación, desempeñan un papel fundamental en la evaluación de su eficiencia en relación con el material particulado y el ruido. En la presente tesis, la eficiencia se refiere a la capacidad de una función de transformación específica para capturar y representar adecuadamente las relaciones entre las variables de interés y los impactos ambientales derivados del material particulado y ruido. La eficiencia es evaluada mediante la aplicación de criterios estadísticos y analíticos, que permiten determinar si existen diferencias significativas en la capacidad de las funciones para modelar los impactos ambientales. Estos criterios abarcan desde pruebas de normalidad como el Test de Shapiro Wilk y D'Agostino Pearson, hasta pruebas de Análisis de Varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples, como el método de Tukey HSD, el test Q y el test de Dunnett. En particular, los criterios buscan identificar la función que mejor se ajusta a los datos observados proporcionando una estimación coherente de los impactos ambientales.

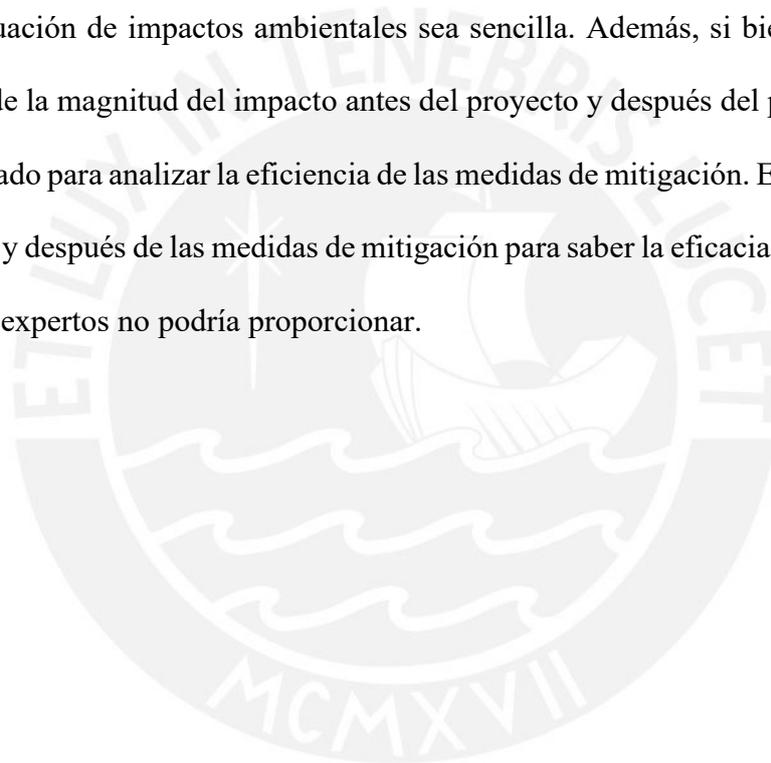
Las pruebas de normalidad permitieron evaluar si los datos se ajustaban a una distribución normal, siendo un requisito importante para muchos métodos estadísticos. Estas pruebas ayudaron a identificar si las transformaciones eran necesarias para cumplir con suposiciones estadísticas clave. Luego, el análisis de varianza se aplicó para evaluar si las diferencias entre funciones eran estadísticamente significativas en términos de la variabilidad

de los impactos ambientales. Esto permitió saber si alguna de las funciones destacaba como más adecuada en la estimación de los impactos. Y para las comparaciones más específicas, se utilizaron las demás pruebas de comparación múltiple (Tukey HSD, test Q y el test de Dunnett) con el fin de identificar que funciones se diferenciaban significativamente entre sí en términos de su capacidad para modelar los impactos ambientales. Y en el caso de que los supuestos paramétricos no se cumplieran se recurrió a pruebas no paramétricas que tienen una aplicabilidad más amplia y considera menos suposiciones de la población de datos. En conjunto, estas pruebas proporcionan una evaluación detallada y los resultados ofrecen información valiosa para la selección de la función de transformación más adecuada en función de la evidencia estadística.

Es importante destacar que, como en cualquier enfoque de investigación, la metodología presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas para una comprensión completa de los resultados. Uno de los limitantes es la carencia de la flexibilidad para capturar relaciones complejas y no lineales entre las variables. Esto puede no ser válido o aceptado en todos los casos y podrían pasar por alto relaciones no lineales importantes. Asimismo, la suposición de linealidad puede no ser válida en todos los campos cayendo en un sesgo hacia la elección de funciones que se aproximen a la linealidad, subestimando o sobreestimando los efectos reales. Por ello, se estudiaron tales indicadores de los cuales sí hay información bibliográfica de su naturaleza y no presentan comportamiento complejos e indescritibles y también se estudiaron funciones de transformación recomendadas por autores. Un ejemplo de un comportamiento complejo sería el caso de concentración de sustancias tóxicas donde si no se detectan, el impacto es 0 y basta que sean mínimamente detectadas para que el impacto sea 1. Para ello, corresponde una función escalada que contempla un umbral. En conclusión, una de sus limitaciones es la inadecuación en casos no lineales como fenómenos de efectos de umbral, crecimiento exponencial o cambios abruptos. Por último, esta metodología puede depender de

la cantidad y calidad de datos de entrada. En situaciones donde los datos son limitados, la selección de la función de transformación podría verse limitada. De esta forma, se recopiló la mayor cantidad de información posible de proyectos para ampliar los grados de libertad.

El aspecto más significativo de esta investigación es la contribución de la relación entre los indicadores estudiados y su impacto ambiental, la cual permitirá una predicción rápida de resultados confiables del efecto de un proyecto vial sobre el medio ambiental. La recomendación de las funciones más adecuadas a aplicar hará que la decisión de empleo de método de evaluación de impactos ambientales sea sencilla. Además, si bien permitirá tener una predicción de la magnitud del impacto antes del proyecto y después del proyecto, también puede ser empleado para analizar la eficiencia de las medidas de mitigación. Es decir, cuantifica el impacto antes y después de las medidas de mitigación para saber la eficacia de estas; aspectos que un panel de expertos no podría proporcionar.



## Conclusiones

Los métodos de selección, tales como el método Delphi, desempeñan un papel significativo en la evaluación de impacto ambiental. Sin embargo, es importante destacar que ambos métodos presentados en la investigación, ya sea tanto el cualitativo como el cuantitativo, requieren suposiciones por parte de los evaluadores. En el caso de nuestro enfoque cuantitativo, estas suposiciones se basan en la literatura mediante recomendaciones de expertos en el campo, lo que ahorra tiempo y recursos al evitar la necesidad de identificar y reclutar un panel de expertos, así como realizar rondas de consultas extensas. Lo que diferencia a nuestro método cuantitativo es que aplicamos un tratamiento estadístico a esta información respaldada por expertos, lo que ayuda a contrarrestar el error potencial inherente. Esto se traduce en una mejora sustancial en la precisión de las predicciones en una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), respaldando su utilidad en proyectos viales futuros y al mismo tiempo optimizando el uso de recursos y tiempo.

Debido al estudio realizado, se puede concluir que, para una mejor cuantificación, resulta ideal el uso de la función creciente con dos parábolas, extremos lentos y rápido centro y la función parabólica tipo I creciente, para el futuro cálculo del impacto en la afectación de la calidad de aire producido por la alteración del confort sonoro diurno debido al ruido emitido por maquinaria de construcción en partidas movimiento de tierra, colocación de pavimento y, obras de arte y drenaje. Para la actividad de implementación y mantenimiento de señalización se recomienda el uso de la función creciente con dos parábolas, extremos lentos y rápido centro.

En adición, se sugiere la función parabólica tipo I creciente para la cuantificación de la afectación de la calidad del aire, debido a concentración de partículas en suspensión producido por uso de maquinaria de construcción en las partidas: colocación de pavimento y obras de arte y drenaje. Y, se insta la aplicación de la función creciente parabólica tipo II y la función

creciente con dos parábolas, lento extremos y rápido centro para la actividad movimiento de tierras.

Es importante mencionar que la selección y descarte de cada una de las funciones para cada actividad del estudio mediante una función de control (función recta), permite optimizar el proceso de cuantificación y, consecuentemente, la valoración final del impacto ambiental, lo que contribuye al proceso de elaboración del EsIA de un proyecto vial. Además, la cantidad de proyectos elegidos permite una mejora en la predicción de resultados. Asimismo, la filtración de actividades relevantes dentro de cada partida evita que la información reincida.

En síntesis, con el descarte de algunas funciones y la selección de las óptimas no se deprecia la valoración, caso contrario, se optimiza los resultados y se obtiene una cuantificación de impactos ambientales más precisa de las actividades estudiadas pertenecientes a proyectos viales. Con las funciones validadas se optimizará el proceso de la EIA y, consecuentemente, se podrá desarrollar mejores medidas mitigadoras o compensatorias durante la gestión y construcción de proyectos de infraestructura vial.

### Fuentes de incertidumbre

- Una gran fuente de incertidumbre en la estimación de material particulado, elevar al cubo el factor de emisión, es que no proporciona una estimación precisa de la concentración de material particulado en el aire. Se optó por este procedimiento conservador debido a las limitaciones de los datos disponibles y ausencia de datos detallados sobre la dispersión atmosférica y otros factores ambientales.
- Una fuente de incertidumbre es la obtención de los datos de precipitación brindados por el SENAMHI. Se tuvo que emplear datos de estaciones meteorológicas de zonas adyacentes debido a la inoperatividad o inexistencia de estas. Sin embargo, esto se realizó bajo la verificación de que corresponden a zonas aledañas con el mismo perfil climático o próximas a la carretera.
- Asumir la función lineal como referencia para la comparación con otras funciones de transformación en base al principio de Parsimonia. Sin embargo, es importante resalta, que la naturaleza de los indicadores ruido y material particulado, permiten tal asunción.

## Recomendaciones

Se recomienda que, para la selección de las funciones de transformación para el indicador calidad de aire según el ruido o material particulado, se tome en consideración otro análisis previo que reduzca la incertidumbre basada en el juicio individual. Podría ser el caso de la aplicación de modelos predictivos basados en datos, utilizando datos históricos, modelos de regresión, simulaciones por computadora, entre otros. De tal forma, ello permita escoger con mejor precisión la relación entre valores del indicador y el conocimiento previo del factor. Además, se recomienda combinar métodos que complementen los resultados cuantitativos con la experiencia de expertos e inclusive, que se amplíe el rango de funciones de transformación a considerar para realizar un análisis extenso. Por último, otro tipo de análisis a aplicar sería el análisis de riesgos cuantitativos para la toma de decisiones al evaluar las funciones de transformación en términos de ajuste hacia los objetivos de la EIA.

Asimismo, la data a recolectar debe ser directa durante el proceso de ejecución del proyecto y en las actividades de interés, mediante la tecnología proporcionada para optimizar los resultados y mejorar la predicción de resultados. Por último, para validar la funcionalidad del estudio, se recomienda que en las etapas de control del proyecto se calcule la magnitud de los impactos ambientales reales frente a los estimados en el estudio. Consecuentemente, las medidas mitigadoras y compensatorias serán las óptimas.

## Referencias Bibliográficas

- Benitez, J., Guitian, D., Marin, C., Melone, A., Pereira, P., & Méndez, D. (2019). Funciones de transformación para Evaluar Impactos Ambientales relacionados con la Calidad del Aire, Calidad del agua, Erosión del Suelo, Vegetación Terrestre y Diversidad de Especies. *Revista Tekhné*, 91–96.
- British Standards Institution. (2009). *Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites. Noise(+A1:2014)*. BSI Standards Limited 2014.
- Cabrera, G., Zanazzi, J. F., Zanazzi, J. L., & Boaglio, L. (2017). Comparación de potencias en pruebas estadísticas de normalidad, con datos escasos. *Revista FCEF y N*, 4(2), 47–52.
- Cantarino, C. (1999a). Capítulo 2: El Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A.). In *Estudio de Impacto Ambiental* (pp. 15–20). Digitalia, Inc.
- Cantarino, C. (1999b). Capítulo 3: Los términos de referencia. In *Estudio de Impacto Ambiental* (pp. 21–68). Digitalia, Inc.
- Canter, L. (1998). *Manual de evaluación de impacto ambiental* (McGraw-Hill, Ed.; 2nd ed.).
- Carretero, A., & Asociación Española de Normalización y Certificación. (2007). *Aspectos ambientales. Identificación y Evaluación* (Asociación Española de Normalización y Certificación, Ed.).
- Conesa, Vicente. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (4a ed.). Ediciones Mundi-Prensa PP - Madrid.
- Consejo Nacional del Ambiente. (1999). *Principios de Evaluación de Impacto Ambiental*. Consejo Nacional del Ambiente.
- Cruz, G. (2005). *Economía Aplicada a la Valoración de Impactos Ambientales* (L. F. Escobar, Ed.; Primera). Editorial Universidad de Caldas.
- Cruz, V., Gallego, E., & Gonzales, L. (2008). *Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental*. Universidad Complutense de Madrid.
- Environmental Law Alliance Worldwide. (2010). Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs. In Environmental Law Alliance Worldwide (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (1st ed.).

- Espinoza, G. (2007). *Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo/ Centro de Estudios para el Desarrollo.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Pearson Educación PP - Madrid.
- Glasson, J., Therivel, R., & Chadwi, A. (2005). Introduction to environmental impact assessment. In Routledge (Ed.), *Recent Trends and Advances in Environmental Health* (3rd ed.).
- Gómez, D., & Gómez, M. T. (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental* (3a ed.). Ediciones Mundi-Prensa PP - Madrid.
- Guitian, D. (2018). *Propuesta de una Función de Transformación para evaluar impactos ambientales relacionados con diversidad de especies*. Universidad Católica Andrés Bello.
- Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso, 14001 (2015). <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>
- Kinsler, L., Frey, A., Coppens, A., & Sanders, J. (2009). *Fundamentals of Acoustic* (Wiley India Pvt. Limited, Ed.).
- Marín, C. (2006). *Propuesta de una Función de Transformación para partículas sólidas suspendidas*. Universidad Católica Andrés Bello.
- Melone, A. (2007). *Propuesta de una Función de Transformación para la pérdida de vegetación natural terrestre*. Universidad Católica Andrés Bello.
- Méndez, D. (2009). *Propuesta de una Función de Transformación para evaluar impactos ambientales relacionados con el índice de calidad del agua*. Universidad Católica Andrés Bello.
- Meza, L., Quintero, M., García, R., & Ramírez, J. (2010). Estimación de factores de emisión de PM10 y PM2.5, en vías urbanas en Mexicali, Baja California, México. *Informacion Tecnologica*, 21(4), 45–56. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4308it.09>
- Plan Nacional de Infraestructura Sostenible para la Competitividad 2022-2025, Pub. L. No. 242, El Peruano (2022).
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, Decreto Supremo N° 085-2003-PCM 1 (2003).

- Ministerio del Ambiente. (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire. *El Peruano*, 6–9.
- Mosaedi, A., Zare Abyaneh, H., Ghabaei Sough, M., & Samadi, S. (2015). Quantifying Changes in Reconnaissance Drought Index using Equiprobability Transformation Function. *Water Resources Management*, 29(8), 2451–2469. <http://10.0.3.239/s11269-015-0944-8>
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (1993). *Environmental indicators for environmental performance reviews*.
- Pereira, P. (2007). *Propuesta de una Función de Transformación para evaluar impactos ambientales relacionados con el factor erosión de suelo producida por fenómenos hidráulicos*. Universidad Católica Andrés Bello.
- Sánchez, S. (2020). *Psicología y Mente*. Navaja de Ockham: Qué Es y Cómo Se Utiliza En La Investigación Científica. <https://psicologiaymente.com/cultura/navaja-de-ockham>
- Solano, J. A. (2019). La contaminación atmosférica por las actividades de la industria de la construcción. *Contaminación Atmosférica*, 22. <https://www.virtualpro.co/revista/contaminacion-atmosferica/22>
- Ulate Castillo, A., & Vargas Sobrado, C. (2018). Control de polvo en caminos no pavimentados. *Boletín Técnico PITRA-LanammeUCR*, 9(6).

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANEXOS**

**MODELADO DE IMPACTOS AMBIENTALES POR EMISIONES  
DE RUIDO Y MATERIAL PARTICULADO CON USO DE  
FUNCIONES DE TRANSFORMACIÓN EN PROYECTOS VIALES**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Dayanna Marilyn Chuyacama Guzman

**ASESOR:**

Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila

Lima, Abril, 2024

## Índice de Anexos

Anexo 1 Árbol de acciones del proyecto 2 .....	4
Anexo 2 Árbol de acciones del proyecto 3 .....	5
Anexo 3 Árbol de acciones del proyecto 4 .....	6
Anexo 4 Árbol de acciones del proyecto 5 .....	7
Anexo 5 Árbol de acciones del proyecto 6 .....	8
Anexo 6 Árbol de acciones del proyecto 7 .....	9
Anexo 7 Árbol de acciones del proyecto 8 .....	10
Anexo 8 Árbol de acciones del proyecto 9 .....	11
Anexo 9 Árbol de acciones del proyecto 10 .....	12
Anexo 10 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 1.....	13
Anexo 11 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 1.....	14
Anexo 12 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 2 .....	15
Anexo 13 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 2.....	16
Anexo 14 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 2.....	17
Anexo 15 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 3 .....	18
Anexo 16 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 3.....	19

Anexo 17 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 3.....	20
Anexo 18 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 4 .....	21
Anexo 19 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 4.....	22
Anexo 20 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 4.....	23
Anexo 21 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 5 .....	24
Anexo 22 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 5.....	25
Anexo 23 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 5.....	26
Anexo 24 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 6 .....	27
Anexo 25 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 6.....	28
Anexo 26 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 6.....	29
Anexo 27 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 7 .....	30
Anexo 28 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 7.....	31

Anexo 29 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 7.....	32
Anexo 30 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 8 .....	33
Anexo 31 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 8.....	34
Anexo 32 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 8.....	35
Anexo 33 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 9 .....	36
Anexo 34 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 9.....	37
Anexo 35 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 9.....	38
Anexo 36 Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 10 .....	39
Anexo 37 Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 10.....	40
Anexo 38 Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 10.....	41

Anexo 1  
*Árbol de acciones del proyecto 2*

<b>Labores</b>	<b>Acciones</b>
Obras preliminares	Movilización y desmovilización de equipo Movilización y desmovilización de equipo transportado Trazo y replanteo Roce y limpieza
Movimiento de tierras	Excavación no clasificada para explanaciones Rellenos con material propio Perfilado y compactado en zonas de corte
Obras de arte y drenaje	Excavación no clasificada para estructuras Encofrado y desencofrado Aliviadero de piedra emboquillada Relleno con material propio manual para estructuras Afirmando para baden Muro empircado Concreto ciclopeo Solado para cimentaciones Juntas de construcción Juntas de dilatación Juntas de contracción Reparación del concreto Conformación de cunetas
Movilización y desmovilización de	Transporte de material excedente de corte y Transporte de material procedente de cantera
Implementación /Mantenimiento de señalización	Colocación de hitos kilométricos Colocación de señalización vertical



Anexo 2  
Árbol de acciones del proyecto 3

Labores	Acciones
Obras preliminares	Topografía y georeferenciación Mantenimiento de tránsito Movilización y desmovilización de equipo Acceso a canteras, plantas y fuentes de agua
Movimiento de tierras	Relleno con material propio Relleno con material de cantera Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con Remoción de derrumbes Demolición Desbroce y limpieza Perfilado y compactado de la subrasante en zonas de
Pavimentos	Asfalto diluido Cemento asfáltico Base granular Sub base-granular Pavimento de concreto asfáltico caliente Imprimación asfáltica Asfalto líquido Riego de liga Emulsión asfáltica con polímeros Carpeta asfáltica Asfalto sólido Filler (cal hidratada) Aditivo mejorador de adherencia
Obras de arte y drenaje	Limpieza de alcantarillas y cunetas Reposición de cuneta de concreto, de aliviadero y de Sellado de grietas Excavaciones para estructuras Rellenos para estructuras Acero de refuerzo Encofrado y desencofrado Concreto Tubería corrugada de acero galvanizado Subdrenes
Movilización y desmovilización de materiales	Transporte de material granular Transporte para eliminación de material excedente Transporte de mezcla asfáltica
Implementación /Mantenimiento de señalización	Marcas en el pavimento Reposición/mantenimiento de postes delineadores Reposición/mantenimiento de guardavías Mantenimiento de señalización vertical Construcción de gibas

Anexo 3  
*Árbol de acciones del proyecto 4*

<b>Labores</b>	<b>Acciones</b>
Obras preliminares	Movilización y desmovilización de equipos Trazo y replanteo Mantenimiento de tránsito
Movimiento de tierras	Demolición de estructuras menores Corte en material suelto Excavacion en explanaciones en roca suelta Excavacion en explanaciones en roca fija Remoción de derrumbes Terraplenes Perfilado y compactado de la subrasante en zonas de
Pavimentos	Afirmado
Obras de arte y drenaje	Excavacion no clasificada para estructuras Relleno compactado con material propio para estructura Concreto Acero de refuerzo Encofrado y desencofrado Armado y colocación de tubería corrugada de acero Limpieza de alcantarillas existentes Emboquillado de piedra Conformacion de cunetas de tierra Filtro con material drenante Colocacion de geotextil Ejecución de muro de piedra
Movilización y desmovilización de	Transporte de materiales granulares Transporte de material de eliminación
Implementación /Mantenimiento de señalización	Postes delineadores Postes kilométricos Instalación de guardavías Pintado de parapetos y muros Colocación de señalización vertical

Anexo 4  
*Árbol de acciones del proyecto 5*

<b>Labores</b>	<b>Acciones</b>
Obras preliminares	Trazo y replanteo Mantenimiento de tránsito Movilización y desmovilización de equipo
Pavimentos	Tratamiento de fisuras Parchado superficial y profundo Fresado Base granular Sub-base de material recuperado Imprimación asfáltica Asfalto líquido Riego de liga Emulsión asfáltica con polímeros Carpeta asfáltica Asfalto sólido Filler (cal hidratada) Aditivo mejorador de adherencia
Obras de arte y drenaje	Limpieza de alcantarillas y cunetas Reposición de cuneta de concreto, de aliviadero y de Sellado de grietas
Implementación /Mantenimiento de señalización	Marcas en el pavimento Reposición/mantenimiento de postes delineadores Reposición/mantenimiento de guardavías Mantenimiento de señalización vertical
Movilización y desmovilización de materiales	Transporte de material de cantera Transporte para eliminación de material excedente Transporte de mezcla asfáltica

Anexo 5  
Árbol de acciones del proyecto 6

Labores	Acciones
Obras preliminares	Movilización y desmovilización de equipo Trazo y replanteo Mantenimiento de tránsito y seguridad vial Acceso a canteras, plantas y fuentes de agua
Movimiento de tierras	Desbroce y limpieza Excavación en explanaciones en roca fija Excavación en explanaciones en roca suelta Excavación en explanaciones en material común Remoción de derrumbes Conformación de terraplenes Mejoramiento de suelo a nivel de subrasante Perfilado y compactación en zonas de corte Prestamo material de cantera
Pavimentos	Sub-base granular Base granular Imprimación asfáltica Pavimento de concreto asfáltico en caliente Cemento asfáltico Asfalto diluido Filler mineral Aditivo mejorador de adherencia
Obras de arte y drenaje	Excavación para estructuras en roca en seco Relleno para estructuras Material filtrante Concreto Encofrado y desencofrado Acero de refuerzo Tubería metálica corrugada circular Sub-dren profundo Recubrimiento con concreto de cuentas y zanjas Zanjas de drenaje Bordillo Emboquillado de piedra Geotextil Juntas para muro y badén Instalación de gavión caja Estabilización de talud
Movilización y desmovilización de materiales	Transporte de materiales granulares Transporte de escombros Transporte de mezclas asfálticas
Implementación /Mantenimiento de señalización	Colocación de señalización vertical Postes delineadores Tacha retroreflectiva Marcas en el pavimento Barreras de seguridad metálico Postes de kilometraje
Puentes y pontones	Demolición de estructuras existentes Excavación para estructuras Relleno para estructuras Acero de refuerzo Encofrado y desencofrado Concreto Juntas de dilatación
Otros	Riego de liga Emulsión asfáltica de rotura Pintura bituminosa Falso puente

Anexo 6  
*Árbol de acciones del proyecto 7*

<b>Labores</b>	<b>Acciones</b>
Obras preliminares	Topografía y georeferenciación Trazo y replanteo Movilización y desmovilización de equipo Roce y limpieza
Movimiento de tierras	Corte y relleno de material Mejoramiento de terreno con over Remoción de material blando Banquetas en zonas de corte
Pavimentos	Conformación de Afirmado
Movilización y desmovilización de Obras de arte y drenaje	Transporte y eliminación de material excedente Excavación para estructura bajo agua Demolición de estructuras de concreto existentes Concreto simple Encofrado y desencofrado Diques de piedra
Implementación /Mantenimiento de señalización	Colocación de señalización verticales Postes delineadores Postes kilométricos



Anexo 7  
Árbol de acciones del proyecto 8

<b>Labores</b>	<b>Acciones</b>
Obras preliminares	Movilizacion y desmovilizacion de equipos Topografía y georeferenciacion
Movimiento de tierras	Desbroce y limpieza Excavacion de bermas Remocion en derrumbes Limpieza de retiro lateral Remocion de carpeta asfáltica sobre puente Extraccion de material de cantera para relleno
Pavimentos	Afirmado Base granular y sub-base granular Imprimacion asfáltica Riego de liga Tratamiento superficial Parchado superficial Mezcla asfáltica en caliente Cemento asfáltico en caliente Emulsion asfáltica Asfalto diluido tipo MC-30 Filler mineral Aditivo mejorador de adherencia
Obras de arte y drenaje	Excavacion no clasificada para estructuras Rellenos para estructuras Demolicion de estructuras Eliminacion de alcantarillas existente Concreto Encofrado y desencofrado Acero de refuerzo Canal de riego trapezoidal revestido gaviones tipo caja Pase peatonal Junta de dilatacion en muros Muro de mamposteria de piedra Reparacion de juntas en puentes Mantenimiennto de barandas metálicas Resane de veredas
Movilización y desmovilización de Implementación /Mantenimiento de señalización	Material excedente Mezcla asfáltica Marcas en el pavimento Guardavía metálica Poste de kilometraje Colocación de señalización vertical

Anexo 8  
Árbol de acciones del proyecto 9

Labores	Acciones
Obras preliminares	Movilización y desmovilización de equipo Reubicación de postes eléctrico de baja tensión Accesos a canteras , plantas de proceso y frentes de
Movimiento de tierras	Desbroce y limpieza Excavación en explanaciones en roca suelta Excavación en explanaciones en roca fija Excavación en explanaciones en material común Remoción de derrumbes Perfilado y compactado en zonas de corte Conformación de terraplenes Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante Prestamo material de cantera
Pavimento	Ejecución de subbase granular Ejecución de base granular Imprimación asfáltica Emulsión asfáltica con polímeros Riego de liga Pavimento de concreto asfáltico en caliente Cemento asfáltico Asfalto diluido Filler mineral Aditivo mejorador de adherencia
Obras de arte	Excavación no clasificada para estructuras Rellenos para estructuras Demolición de estructuras Eliminación de alcantarillas existente Concreto Encofrado y desencofrado Acero de refuerzo Armado y colocación de alcantarillas Pase vehicular y peatonal Construcción de sardineles Construcción de bordillo Muro de mampostería de piedra Limpieza de canales, alcantarillas, cauces Gaviones Suelo reforzado Juntas longitudinales de control de agrietamiento Juntas transversal de contracción Reparación de juntas existentes Juntas de dilatación para muros Enrocado con roca de cantera Construcción de muro tipo tapia ( barro con paja) Conexiones domiciliarias Sellado de grietas Falso puente para pontones Mantenimiento de barandas metálicas Resane de veredas
Movilización y desmovilización de material	Transporte de material granular Transporte de mezcla asfáltica Transporte de material excedente Transporte de roca cantera Transporte de material de derrumbe
Implementación /Mantenimiento de señalización	Marcas en el pavimento Guardavía metálica Poste de kilometraje Postes delineadores Tachas reflexivas Pintado de parapetos en muros y alcantarillas Construcción de gibas

Anexo 9  
Árbol de acciones del proyecto 10

Labores	Acciones
Obras preliminares	Movilización y desmovilización de equipos Mantenimiento de tránsito y seguridad vial Topografía y georeferenciación
Movimiento de tierras	Desbroce y limpieza Demolición de estructuras Excavación en explanaciones Remoción de derrumbes Terraplenes Pedraplen compacto Mejoramiento de suelos al nivel de subrasante
Pavimento	Sub base granular Base granular Extracción con explosivo Imprimación asfáltica Pavimento de concreto asfáltico caliente Cemento asfáltico Asfaltos diluidos Filler mineral Mejorador de adherencia
Obras de arte y drenaje	Concreto Acero de refuerzo Encofrado y desencofrado Armado y colocación de tubos de acero Excavación no clasificada excavación para estructuras bajo agua Relleno para estructuras Material filtrante Cunetas revestidas con concreto Juntas de dilatación Juntas de contracción en losas y badenes Juntas en muros Geotextil no tejido para enrocado Sub drenes con material drenante Emboquillado con piedra Zanja de drenaje Enrocado Colocación de tubería de concreto Acondicionamiento de cauces menores
Movilización y desmovilización de material	Transporte de mezcla asfáltica Transporte de material excedente y desmonte
Implementación /Mantenimiento de señalización	Colocación de señalización vertical Delineadores Guardavia metálica Marca en el pavimento tipo I Captafaros Poste de kilometraje Pintado de parapetos en muros y alcantarillas

## Anexo 10

*Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 1*

Actividad: Pavimento												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m <sup>3</sup> )	PM (µg/m <sup>3</sup> )
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	13	7	4		0.078	-	0.022	1.0617E-05	10.617296
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	13	7	12	26	0.067	-	0.019	6.6861E-06	6.68611063
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	13	7	12	25	0.100	-	0.028	2.2566E-05	22.5656234
	Camion Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	13	7	6	8.94	0.067	-	0.019	6.6861E-06	6.68611063
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	13	7	8	18	0.100	-	0.028	2.2566E-05	22.5656234
Colocación de base y sub-base granular	lillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-1	10.5	-	13	3.9	3	11.1	-	0.000	0.25796206	0.01716594	17165.9361
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	13	3.9	10	13	-	0.001	1.15130447	1.52605635	1526056.35
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	13	3.9	6	13.54	-	0.000	0.24356694	0.01444957	14449.5736
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	13	3.9	6	13.54	-	0.001	0.562999	0.17845259	178452.594
Impresión asfáltica	mpresora neumática 250-330 PCM, 87 I	5	-	13	3.9	2	2.3	-	0.000	0.03332532	3.701E-05	37.0103267
	Minicargador 70 HP	11.2	-	13	3.9	4	12.3	-	0.000	0.34139835	0.03979094	39790.9442
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 G	4	-	13	3.9	6	13.575	-	0.000	0.16000491	0.00409638	4096.37744
Pavimento asfáltico	tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-1	11.4	-	13	3.9	2	8	-	0.000	0.18182879	0.00601157	6011.57094
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	13	-	13	3.9	2	3.7	-	0.000	0.12085911	0.00176538	1765.37969
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TO	7.5	-	13	3.9	3	9	-	0.000	0.15910047	0.0040273	4027.30386
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	13	3.9	9	5.5	-	0.000	0.15617309	0.00380907	3809.06707
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	13	3.9	12	8.73	-	0.000	0.45684944	0.09534969	95349.6916
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	13	3.9	12	12	-	0.000	0.20756652	0.00894277	8942.76701
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	13	3.9	3	11.1	-	0.000	0.25796206	0.01716594	17165.9361
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP,	11.4	-	13	3.9	3	7.3	-	0.000	0.20886771	0.009112	9112.00393
Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	13	3.9	4	20.286	-	0.002	1.60949729	4.16937298	4169372.98	
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	13	5.2	10	26	-	0.002	1.62776295	4.31294057	4312940.57

## Anexo 11

## Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 1

Actividad: Obra de arte y drenaje													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	13	12.4	4		0.138	-	0.039	5.9018E-05	59.0180509	
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	13	12.4	12	26	0.093	-	0.026	1.7864E-05	17.8642306	
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	13	12.4	12	25	0.178	-	0.050	0.00012543	125.434866	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	13	12.4	8	18	0.178	-	0.050	0.00012543	125.434866	
Demolición de estructuras menores	mpresora neumática 87 HP, 250-330 PC	5	-	13	13.7	2	2.3	-	0.000	0.11706586	0.00160432	1604.31927	
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	13	13.7	22	23.4	-	0.002	2.16651105	10.1691049	10169104.9	
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	13	13.7	4	6.79	-	0.000	0.35321946	0.04406907	44069.0677	
Curado de concreto	Camion cisterna	22.98	-	13	13.7	10	13	-	0.004	4.04432595	66.1513101	66151310.1	
excavación no clasificada para estructura	mpresora neumática 250-330 PCM, 87 F	5	-	13	13.7	2	2.3	-	0.000	0.11706586	0.00160432	1604.31927	
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	13	13.7	4	9	-	0.000	0.38721132	0.0580556	58055.6023	
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	13	13.7	1	0.88	-	0.000	0.01394304	2.7106E-06	2.71064585	
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	13	13.7	6	13.54	-	0.002	1.50081875	3.38052958	3380529.58	
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	13	2.5	10	49.7	-	0.004	3.85924678	57.4787945	57478794.5	
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	13	2.5	4	28.286	-	0.001	1.30205171	2.20741859	2207418.59	
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	13	2.5	4	28.286	-	0.001	1.30205171	2.20741859	2207418.59	
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	13	2.5	6	16.584	-	0.001	1.38647233	2.6652234	2665223.4	
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	13	2.5	4	9.865	-	0.001	0.63626316	0.25757892	257578.925	

## Anexo 12

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 2

Actividad: Movimiento de tierras												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	106	37	4		0.302	-	0.085	0.00061495	614.947025
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	106	37	12	26	0.259	-	0.073	0.00038726	387.255269
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	106	37	12	25	0.388	-	0.109	0.00130699	1306.98653
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	106	37	8	18	0.388	-	0.109	0.00130699	1306.98653
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	106	12.2	18	20.52	-	0.003	2.85362791	23.2376406	23237640.6
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	106	12.2	20	18.03	-	0.002	1.7428623	5.29406447	5294064.47
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	106	12.2	20	18.03	-	0.001	0.69714492	0.33882013	338820.126
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	106	12.2	18	20.52	-	0.001	0.8305335	0.57289028	572890.283
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	106	12.2	20	18.03	-	0.001	0.65613639	0.28247654	282476.539
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	106	12.2	22	23.4	-	0.001	1.4195715	2.86069673	2860696.73
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	10.5	-	106	12.2	3	11.1	-	0.001	0.5937562	0.20932662	209326.621
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP,	11.4	-	106	12.2	3	7.3	-	0.000	0.48075479	0.11111453	111114.535
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	106	12.2	6	13.54	-	0.001	0.60657537	0.2231795	223179.503
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	106	12.2	10	9.9	-	0.002	2.18991271	10.502203	10502203
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	106	12.2	20	18.03	-	0.001	0.65613639	0.28247654	282476.539
	Compactador tipo rueda	1.65	-	106	12.2	1	0.88	-	0.000	0.00913596	7.6254E-07	0.76253867
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	106	12.2	10	9.9	-	0.002	2.18991271	10.502203	10502203
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	10.5	-	106	12.2	3	11.1	-	0.001	0.5937562	0.20932662	209326.621
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	106	12.2	6	13.54	-	0.001	1.29586555	2.17610495	2176104.95
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	106	12.2	6	13.54	-	0.001	0.98338734	0.95098536	950985.363
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	106	11.7	10	49.7	-	0.003	3.39303932	39.0630974	39063097.4
	Cargador S/lantas 200-250 HP	21.6	-	106	11.7	4	20.286	-	0.002	2.06290589	8.7788625	8778862.5
	Cargador S/lantas 100-115 HP	22	-	106	11.7	4	10.308	-	0.001	1.30807588	2.23819959	2238199.59
	Cargador S/lantas 160-195 HP	20.2	-	106	11.7	4	18.585	-	0.002	1.8144848	5.97392829	5973928.29
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135	10.5	-	106	11.7	3	11.1	-	0.001	0.56942193	0.18463012	184630.122
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	106	11.7	2	20.52	-	0.001	0.72161107	0.37575915	375759.146
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	106	11.7	6	13.54	-	0.001	0.94308458	0.83878745	838787.454
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	106	11.7	6	13.54	-	0.001	1.24275631	1.91936659	1919366.59
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	106	23	6	16.584	-	0.009	9.38547233	826.738955	826738955
	Cargador S/lantas 125 HP	20	-	106	23	4	9.865	-	0.002	2.26687776	11.6488836	11648883.6

## Anexo 13

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 2

Actividad: Pavimento												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora )	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	106	42	4		0.342	-	0.097	0.00089946	899.456995
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	106	42	12	26	0.294	-	0.083	0.00056642	566.421898
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	106	42	12	25	0.440	-	0.124	0.00191167	1911.6739
	Camion Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	106	42	6	8.94	0.294	-	0.083	0.00056642	566.421898
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	106	42	8	18	0.440	-	0.124	0.00191167	1911.6739
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	10.5	-	106	4	3	11.1	-	0.000	0.19467416	0.00737777	7377.76717
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	106	4	10	13	-	0.001	0.86884574	0.65588549	655885.491
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	106	4	6	13.54	-	0.000	0.18381072	0.0062103	6210.29866
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	106	4	6	13.54	-	0.000	0.42487395	0.07669734	76697.3431
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM,	5	-	106	2.5	2	2.3	-	0.000	0.01571834	3.8835E-06	3.88347421
	Minicargador 70 HP	11.2	-	106	2.5	4	12.3	-	0.000	0.16102523	0.00417524	4175.24296
	Camión imprimidor de 178-200 HP,	4	-	106	2.5	6	13.575	-	0.000	0.07546852	0.00042983	429.830741
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-	11.4	-	106	2.5	2	8	-	0.000	0.08576205	0.00063079	630.790992
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	13	-	106	2.5	2	3.7	-	0.000	0.05700486	0.00018524	185.240367
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26	7.5	-	106	2.5	3	9	-	0.000	0.07504193	0.00042258	422.582886
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	106	2.5	9	5.5	-	0.000	0.07366119	0.00039968	399.683414
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	106	2.5	12	8.73	-	0.000	0.21547932	0.01000499	10004.9932
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	106	2.5	12	12	-	0.000	0.0979016	0.00093836	938.359862
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	106	2.5	3	11.1	-	0.000	0.12167135	0.00180121	1801.21269
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP,	11.4	-	106	2.5	3	7.3	-	0.000	0.09851533	0.00095612	956.117804
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	106	2.5	4	20.286	-	0.001	0.75914153	0.43749012	437490.124
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	106	18	10	26	-	0.004	4.14588661	71.261057	71261057

## Anexo 14

*Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 2*

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	106	12.8	4		0.104	-	0.029	2.546E-05	25.460237
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	106	12.8	12	26	0.070	-	0.020	7.7066E-06	7.70658362
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	106	12.8	12	25	0.134	-	0.038	5.4112E-05	54.112282
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	106	12.8	8	18	0.134	-	0.038	5.4112E-05	54.112282
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	106	1.3	2	2.3	-	0.000	0.00817354	5.4605E-07	0.54604754
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	106	1.3	22	23.4	-	0.000	0.15126582	0.00346117	3461.16564
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	106	1.3	4	6.79	-	0.000	0.02466178	1.4999E-05	14.9993873
Curado de concreto	Camion cisterna	22.98	-	106	1.3	10	13	-	0.000	0.28237486	0.02251532	22515.3191
Excavación no clasificada para estructuras	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	106	1.3	2	2.3	-	0.000	0.00817354	5.4605E-07	0.54604754
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	106	1.3	4	9	-	0.000	0.0270351	1.976E-05	19.7598568
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	106	1.3	1	0.88	-	0.000	0.0009735	9.226E-10	0.0009226
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	106	1.3	6	13.54	-	0.000	0.10478718	0.0011506	1150.60007
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	106	1.6	10	49.7	-	0.002	1.81735439	6.00231627	6002316.27
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	106	1.6	4	28.286	-	0.001	0.61314799	0.23051326	230513.263
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	106	1.6	4	28.286	-	0.001	0.61314799	0.23051326	230513.263
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	106	1.6	6	16.584	-	0.001	0.65290242	0.27832027	278320.273
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	106	1.6	4	9.865	-	0.000	0.2996221	0.0268981	26898.0967

## Anexo 15

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 3

Actividad: Movimiento de tierras													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	107	12	4		0.097	-	0.027	2.0732E-05	20.7317844	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	107	12	12	26	0.084	-	0.024	1.3056E-05	13.0555844	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	107	12	12	25	0.125	-	0.035	4.4063E-05	44.0625972	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	107	12	8	18	0.125	-	0.035	4.4063E-05	44.0625972	
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	107	12	18	20.52	-	0.003	2.79600987	21.8582859	21858285.9	
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	107	12	20	18.03	-	0.002	1.7076719	4.97981601	4979816.01	
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	107	13.5	20	18.03	-	0.001	0.76845236	0.45378573	453785.734	
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	107	13.5	18	20.52	-	0.001	0.91548458	0.76727862	767278.617	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	107	13.5	20	18.03	-	0.001	0.72324928	0.37832411	378324.113	
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	107	13.5	22	23.4	-	0.002	1.56477231	3.83136439	3831364.39	
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	10.5	-	107	13.5	3	11.1	-	0.001	0.65448852	0.28035358	280353.578	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP,	11.4	-	107	13.5	3	7.3	-	0.001	0.52992878	0.14881699	148816.988	
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	107	13.5	6	13.54	-	0.001	0.6686189	0.2989069	298906.903	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	107	13.5	10	9.9	-	0.002	2.41390783	14.0657227	14065722.7	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	107	13.5	20	18.03	-	0.001	0.72324928	0.37832411	378324.113	
	Compactador tipo rueda	1.65	-	107	13.5	1	0.88	-	0.000	0.01007043	1.0213E-06	1.02127691	
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	107	13.5	10	9.9	-	0.002	2.41390783	14.0657227	14065722.7	
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP,	10.5	-	107	13.5	3	11.1	-	0.001	0.65448852	0.28035358	280353.578	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	107	13.5	6	13.54	-	0.001	1.4284131	2.91448267	2914482.67	
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	107	13.5	6	13.54	-	0.001	1.08397306	1.27366575	1273665.75	
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	107	39	10	49.7	-	0.011	11.2664626	1430.08792	1430087920	
	Cargador S/llantas 200-250 HP	21.6	-	107	39	4	20.286	-	0.007	6.84980334	321.391442	321391442	
	Cargador S/llantas 100-115 HP	22	-	107	39	4	10.308	-	0.004	4.34341798	81.9397951	81939795.1	
	Cargador S/llantas 160-195 HP	20.2	-	107	39	4	18.585	-	0.006	6.02493023	218.703668	218703668	
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135	10.5	-	107	18.1	3	11.1	-	0.001	0.87749943	0.67567916	675679.156	
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	107	18.1	2	20.52	-	0.001	1.1120283	1.37514193	1375141.93	
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	107	18.1	6	13.54	-	0.001	1.45332685	3.06965728	3069657.28	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	107	18.1	6	13.54	-	0.002	1.91513164	7.02418426	7024184.26	
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	107	25	6	16.584	-	0.010	10.1622119	1049.45723	1049457233	
	Cargador S/llantas 125 HP	20	-	107	25	4	9.865	-	0.002	2.45448406	14.7870197	14787019.7	

## Anexo 16

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 3

Actividad: Pavimento												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	107	49.6	4		0.403	-	0.114	0.00146399	1463.98955
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	107	49.6	12	26	0.345	-	0.097	0.00092193	921.929277
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	107	49.6	12	25	0.518	-	0.146	0.00311151	3111.51131
	Camión Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	107	49.6	6	8.94	0.345	-	0.097	0.00092193	921.929277
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	107	49.6	8	18	0.518	-	0.146	0.00311151	3111.51131
Colocación de base y sub-base granular	hillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-1	10.5	-	107	20.4	3	11.1	-	0.001	0.98900488	0.96737598	967375.98
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	107	20.4	10	13	-	0.004	4.41400471	85.9999854	85999985.4
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	107	20.4	6	13.54	-	0.001	0.93381522	0.81429701	814297.011
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	107	20.4	6	13.54	-	0.002	2.15849091	10.0565884	10056588.4
Impresión asfáltica	mpresora neumática 250-330 PCM, 87 I	5	-	107	18.2	2	2.3	-	0.000	0.11398774	0.00148107	1481.06592
	Minicargador 70 HP	11.2	-	107	18.2	4	12.3	-	0.001	1.16773753	1.59233967	1592339.67
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	107	18.2	6	13.575	-	0.001	0.54728954	0.16392736	163927.357
Pavimento asfáltico	tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-1	11.4	-	107	15.7	2	8	-	0.001	0.5365062	0.15442736	154427.357
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	13	-	107	15.7	2	3.7	-	0.000	0.35660831	0.0453497	45349.6971
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TO	7.5	-	107	15.7	3	9	-	0.000	0.46944374	0.1034548	103454.804
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	107	15.7	9	5.5	-	0.000	0.46080618	0.09784866	97848.6601
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	107	15.7	12	8.73	-	0.001	1.34798539	2.44937655	2449376.55
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	107	15.7	12	12	-	0.001	0.61244824	0.22972496	229724.957
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	107	15.7	3	11.1	-	0.001	0.76114591	0.44096463	440964.629
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP,	11.4	-	107	15.7	3	7.3	-	0.001	0.61628754	0.23407238	234072.375
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	107	15.7	4	20.286	-	0.005	4.74900183	107.104326	107104326
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	107	19.4	10	26	-	0.004	4.45109216	88.1860236	88186023.6

## Anexo 17

## Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 3

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	107	17.6	4		0.143	-	0.040	6.5408E-05	65.408012
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	107	17.6	12	26	0.096	-	0.027	1.9798E-05	19.7984141
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	107	17.6	12	25	0.184	-	0.052	0.00013902	139.015862
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	107	17.6	8	18	0.184	-	0.052	0.00013902	139.015862
Demolición de estructuras menores	mpresora neumática 87 HP, 250-330 PC	5	-	107	19.4	2	2.3	-	0.000	0.12150341	0.00179376	1793.76446
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	107	19.4	22	23.4	-	0.002	2.24863577	11.3699183	11369918.3
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	107	19.4	4	6.79	-	0.000	0.36660875	0.04927294	49272.9402
Curado de concreto	Camion cisterna	22.98	-	107	19.4	10	13	-	0.004	4.19763193	73.9627526	73962752.6
Excavación no clasificada para estructuras	mpresora neumática 250-330 PCM, 87 H	5	-	107	15.7	2	2.3	-	0.000	0.09833008	0.00095073	950.734343
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	107	15.7	4	9	-	0.000	0.32524016	0.03440428	34404.2835
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	107	15.7	1	0.88	-	0.000	0.01171153	1.6064E-06	1.60635365
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	107	15.7	6	13.54	-	0.001	1.26062053	2.0033329	2003332.9
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	107	23.4	10	49.7	-	0.026	26.4761871	18559.5023	1.856E+10
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	107	23.4	4	28.286	-	0.009	8.93266656	712.760082	712760082
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	107	23.4	4	28.286	-	0.009	8.93266656	712.760082	712760082
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	107	23.4	6	16.584	-	0.010	9.51183038	860.582066	860582066
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	107	23.4	4	9.865	-	0.004	4.36505446	83.1704401	83170440.1

## Anexo 18

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 4

Actividad: Movimiento de tierras												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	97	40	4		0.338	-	0.095	0.00086254	862.538724
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	97	40	12	26	0.289	-	0.082	0.00054317	543.173074
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	97	40	12	25	0.434	-	0.122	0.00183321	1833.20912
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	97	40	8	18	0.434	-	0.122	0.00183321	1833.20912
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	97	13	18	20.52	-	0.003	3.14641421	31.1492565	31149256.5
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	97	13	20	18.03	-	0.002	1.92168246	7.096511	7096511
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	97	17	20	18.03	-	0.001	1.00518775	1.01564413	1015644.13
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	97	17	18	20.52	-	0.001	1.19751586	1.7172907	1717290.7
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	97	17	20	18.03	-	0.001	0.94605906	0.8467491	846749.103
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	97	17	22	23.4	-	0.002	2.04682821	8.57519848	8575198.48
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	97	17	3	11.1	-	0.001	0.85611533	0.62747558	627475.576
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	97	17	3	7.3	-	0.001	0.69318275	0.33307592	333075.918
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	97	17	6	13.54	-	0.001	0.87459882	0.66900085	669000.848
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	97	17	10	9.9	-	0.003	3.157555	31.4813083	31481308.3
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	97	17	20	18.03	-	0.001	0.94605906	0.8467491	846749.103
	Compactador tipo rueda	1.65	-	97	17	1	0.88	-	0.000	0.0131728	2.2858E-06	2.28577898
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	97	17	10	9.9	-	0.003	3.157555	31.4813083	31481308.3
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	97	17	3	11.1	-	0.001	0.85611533	0.62747558	627475.576
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	97	17	6	13.54	-	0.002	1.86846113	6.52307241	6523072.41
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	97	17	6	13.54	-	0.001	1.41791022	2.85066507	2850665.07
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	97	13	10	49.7	-	0.004	3.90104907	59.3668817	59366881.7
	Cargador S/lantas 200-250 HP	21.6	-	97	13	4	20.286	-	0.002	2.37176653	13.3418425	13341842.5
	Cargador S/lantas 100-115 HP	22	-	97	13	4	10.308	-	0.002	1.5039225	3.4015462	3401546.2
	Cargador S/lantas 160-195 HP	20.2	-	97	13	4	18.585	-	0.002	2.08615155	9.0789906	9078990.6
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	97	17	3	11.1	-	0.001	0.85611533	0.62747558	627475.576
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	97	17	2	20.52	-	0.001	1.0849289	1.27703802	1277038.02
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	97	17	6	13.54	-	0.001	1.41791022	2.85066507	2850665.07
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	97	17	6	13.54	-	0.002	1.86846113	6.52307241	6523072.41
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	97	20	6	16.584	-	0.008	8.4448769	602.254384	602254384
	Cargador S/lantas 125 HP	20	-	97	20	4	9.865	-	0.002	2.03969528	8.48586026	8485860.26

## Anexo 19

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 4

Actividad: Pavimento													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	97	35	4		0.296	-	0.083	0.00057783	577.833559	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	97	35	12	26	0.253	-	0.071	0.00036388	363.883524	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	97	35	12	25	0.380	-	0.107	0.00122811	1228.10689	
	Camion Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	97	35	6	8.94	0.253	-	0.071	0.00036388	363.883524	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	97	35	8	18	0.380	-	0.107	0.00122811	1228.10689	
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	97	18	3	11.1	-	0.001	0.90647506	0.74484786	744847.864	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	97	18	10	13	-	0.004	4.04566779	66.217176	66217176	
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	97	18	6	13.54	-	0.001	0.85589083	0.62698206	626982.065	
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	97	18	6	13.54	-	0.002	1.9783706	7.74324411	7743244.11	
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	97	16	2	2.3	-	0.000	0.10409307	0.00112789	1127.8866	
	Minicargador 70 HP	11.2	-	97	16	4	12.3	-	0.001	1.06637246	1.21262569	1212625.69	
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	97	16	6	13.575	-	0.000	0.49978225	0.12483676	124836.759	
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	11.4	-	97	16	2	8	-	0.001	0.56795008	0.18320212	183202.12	
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	13	-	97	16	2	3.7	-	0.000	0.37750863	0.0537998	53799.7981	
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TON	7.5	-	97	16	3	9	-	0.000	0.49695718	0.12273175	122731.747	
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	97	16	9	5.5	-	0.000	0.48781338	0.116081	116080.999	
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	97	16	12	8.73	-	0.001	1.42698893	2.90577385	2905773.85	
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	97	16	12	12	-	0.001	0.64834298	0.27253007	272530.074	
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	97	16	3	11.1	-	0.001	0.80575561	0.52313046	523130.462	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	97	16	3	7.3	-	0.001	0.65240729	0.27768756	277687.555	
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	97	16	4	20.286	-	0.005	5.02733418	127.061292	127061292	
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	97	15	10	26	-	0.004	3.57496014	45.6892061	45689206.1	

## Anexo 20

*Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 4*

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	97	40	4		0.338	-	0.095	0.00086254	862.538724
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	97	40	12	26	0.227	-	0.064	0.00026108	261.082676
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	97	40	12	25	0.434	-	0.122	0.00183321	1833.20912
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	97	40	8	18	0.434	-	0.122	0.00183321	1833.20912
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	97	18	2	2.3	-	0.000	0.1171047	0.00160592	1605.91666
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	97	18	22	23.4	-	0.002	2.16722987	10.1792301	10179230.1
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	97	18	4	6.79	-	0.000	0.35333665	0.04411295	44112.9466
Curado de concreto	Camion cisterna	22.98	-	97	18	10	13	-	0.004	4.04566779	66.217176	66217176
Excavación no clasificada para estructuras	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	97	18	2	2.3	-	0.000	0.1171047	0.00160592	1605.91666
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	97	18	4	9	-	0.000	0.38733979	0.05811341	58113.4074
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	97	18	1	0.88	-	0.000	0.01394767	2.7133E-06	2.7133448
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	97	18	6	13.54	-	0.002	1.5013167	3.38389552	3383895.52
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	97	10	10	49.7	-	0.012	11.7531606	1623.54383	1623543827
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	97	10	4	28.286	-	0.004	3.96533929	62.3506609	62350660.9
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	97	10	4	28.286	-	0.004	3.96533929	62.3506609	62350660.9
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	97	10	6	16.584	-	0.004	4.22243845	75.281798	75281798
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	97	10	4	9.865	-	0.002	1.93771052	7.27556444	7275564.44

## Anexo 21

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 5

Actividad: Movimiento de tierras													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	22	11.75	4		0.128	-	0.036	4.6408E-05	46.4082384	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	22	11.75	12	26	0.109	-	0.031	2.9225E-05	29.2250131	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	22	11.75	12	25	0.164	-	0.046	9.8634E-05	98.6344192	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	22	11.75	8	18	0.164	-	0.046	9.8634E-05	98.6344192	
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	22	13.26	18	20.52	-	0.004	4.10747939	69.298874	69298874	
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	22	13.26	20	18.03	-	0.003	2.50865607	15.7878639	15787863.9	
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	22	14.03	20	18.03	-	0.001	1.06173287	1.19686671	1196866.71	
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	22	10.42	18	20.52	-	0.001	0.93941912	0.82904516	829045.161	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	22	10.42	20	18.03	-	0.001	0.742158	0.40877951	408779.508	
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	22	10.42	22	23.4	-	0.002	1.60568192	4.1397923	4139792.3	
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	22	3.2	3	11.1	-	0.000	0.20624938	0.0087736	8773.60291	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	22	3.2	3	7.3	-	0.000	0.16699679	0.00465719	4657.19457	
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	22	3.2	6	13.54	-	0.000	0.2107023	0.00935423	9354.22511	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	22	3.2	10	9.9	-	0.001	0.76069631	0.44018366	440183.664	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	22	3.2	20	18.03	-	0.000	0.227918	0.01183957	11839.569	
	Compactador tipo rueda	1.65	-	22	3.2	1	0.88	-	0.000	0.0031735	3.1961E-08	0.03196063	
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	22	3.2	10	9.9	-	0.001	0.76069631	0.44018366	440183.664	
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	22	3.2	3	11.1	-	0.000	0.20624938	0.0087736	8773.60291	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	22	3.2	6	13.54	-	0.000	0.45013673	0.09120809	91208.0873	
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	22	3.2	6	13.54	-	0.000	0.34159312	0.03985909	39859.0867	
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	22	10.48	10	49.7	-	0.004	4.02493313	65.2042655	65204265.5	
	Cargador S/lantas 200-250 HP	21.6	-	22	10.48	4	20.286	-	0.002	2.44708578	14.6537095	14653709.5	
	Cargador S/lantas 100-115 HP	22	-	22	10.48	4	10.308	-	0.002	1.55168197	3.73601097	3736010.97	
	Cargador S/lantas 160-195 HP	20.2	-	22	10.48	4	18.585	-	0.002	2.15240064	9.97170301	9971703.01	
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	22	11.75	3	11.1	-	0.001	0.75732195	0.43435181	434351.814	
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	22	11.75	2	20.52	-	0.001	0.95973105	0.88399263	883992.626	
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	22	11.75	6	13.54	-	0.001	1.25428724	1.97329042	1973290.42	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	22	11.75	6	13.54	-	0.002	1.6528458	4.51540816	4515408.16	
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	22	25.2	6	16.584	-	0.014	13.6183093	2525.62916	2525629163	
	Cargador S/lantas 125 HP	20	-	22	25.2	4	9.865	-	0.003	3.28923697	35.5865174	35586517.4	

## Anexo 22

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 5

Actividad: Pavimento												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	22	72.41	4		0.786	-	0.221	0.01086118	10861.1829
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	22	72.41	12	26	0.673	-	0.190	0.0068397	6839.69533
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	22	72.41	12	25	1.010	-	0.285	0.02308397	23083.9717
	Camion Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	22	72.41	6	8.94	0.673	-	0.190	0.0068397	6839.69533
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	22	72.41	8	18	1.010	-	0.285	0.02308397	23083.9717
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	22	5.53	3	11.1	-	0.000	0.35642472	0.04527969	45279.6888
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	22	5.53	10	13	-	0.002	1.59075087	4.02537654	4025376.54
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	22	5.53	6	13.54	-	0.000	0.33653507	0.03811457	38114.5656
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	22	5.53	6	13.54	-	0.001	0.77789253	0.47071583	470715.834
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	22	3.2	2	2.3	-	0.000	0.02664472	1.8916E-05	18.9161784
	Minicargador 70 HP	11.2	-	22	3.2	4	12.3	-	0.000	0.27295952	0.02033737	20337.3671
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	22	3.2	6	13.575	-	0.000	0.12792934	0.00209368	2093.6807
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	11.4	-	22	3.2	2	8	-	0.000	0.14537827	0.00307255	3072.54647
	Rodillo tandem estático Auto 58-70HP	13	-	22	3.2	2	3.7	-	0.000	0.09663094	0.0009023	902.295124
	Rodillo neumático Autop. 135 HP 9-26 TON	7.5	-	22	3.2	3	9	-	0.000	0.1272062	0.00205838	2058.37682
	Rodillo neumático Autop. 81-100HP	6	-	22	3.2	9	5.5	-	0.000	0.12486566	0.00194683	1946.83481
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	22	3.2	12	8.73	-	0.000	0.36526657	0.04873374	48733.7438
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	22	3.2	12	12	-	0.000	0.16595645	0.0045707	4570.69666
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	22	3.2	3	11.1	-	0.000	0.20624938	0.0087736	8773.60291
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	22	3.2	3	7.3	-	0.000	0.16699679	0.00465719	4657.19457
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	22	3.2	4	20.286	-	0.001	1.28684748	2.13098911	2130989.11
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	22	27.59	10	26	-	0.008	8.41571407	596.03658	596036580

## Anexo 23

*Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 5*

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m <sup>3</sup> )	PM (µg/m <sup>3</sup> )
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	22	15.88	4		0.172	-	0.049	0.00011456	114.559993
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	22	15.88	12	26	0.116	-	0.033	3.4676E-05	34.6762744
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	22	15.88	12	25	0.222	-	0.062	0.00024348	243.481734
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	22	15.88	8	18	0.222	-	0.062	0.00024348	243.481734
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	22	5.52	2	2.3	-	0.000	0.04596214	9.7096E-05	97.0958572
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	22	5.52	22	23.4	-	0.001	0.85061077	0.61544979	615449.791
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	22	5.52	4	6.79	-	0.000	0.13868024	0.00266713	2667.12742
Curado de concreto	Camion cisterna	22.98	-	22	5.52	10	13	-	0.002	1.58787429	4.00357852	4003578.52
Excavación no clasificada para estructuras	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	22	5.52	2	2.3	-	0.000	0.04596214	9.7096E-05	97.0958572
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	22	5.52	4	9	-	0.000	0.15202605	0.00351361	3513.6139
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	22	5.52	1	0.88	-	0.000	0.00547429	1.6405E-07	0.16405244
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	22	5.52	6	13.54	-	0.001	0.58924813	0.20459482	204594.824
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	22	4.41	10	49.7	-	0.007	6.63365052	291.915908	291915908
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	22	4.41	4	28.286	-	0.002	2.23809372	11.2107536	11210753.6
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	22	4.41	4	28.286	-	0.002	2.23809372	11.2107536	11210753.6
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	22	4.41	6	16.584	-	0.002	2.38320413	13.5357938	13535793.8
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	22	4.41	4	9.865	-	0.001	1.09367129	1.30815871	1308158.71

## Anexo 24

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 6

Actividad: Movimiento de tierras												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	153	22	4		0.146	-	0.041	6.997E-05	69.9697724
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	153	22	12	26	0.125	-	0.035	4.4063E-05	44.0625972
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	153	22	12	25	0.188	-	0.053	0.00014871	148.711266
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	153	22	8	18	0.188	-	0.053	0.00014871	148.711266
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	153	22	18	20.52	-	0.004	4.21207689	74.7289485	74728948.5
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	153	22	20	18.03	-	0.003	2.57253932	17.0249587	17024958.7
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	153	8	20	18.03	-	0.000	0.37418754	0.05239236	52392.3597
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	153	8	18	20.52	-	0.000	0.4457829	0.08858705	88587.0451
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	153	8	20	18.03	-	0.000	0.35217651	0.04367985	43679.8505
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	153	8	22	23.4	-	0.001	0.76194483	0.44235463	442354.631
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	153	8	3	11.1	-	0.000	0.31869438	0.03236855	32368.5484
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	153	8	3	7.3	-	0.000	0.25804169	0.01718184	17181.8384
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	153	8	6	13.54	-	0.000	0.32557498	0.03451064	34510.6442
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	153	8	10	9.9	-	0.001	1.17541995	1.62397437	1623974.37
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	153	8	20	18.03	-	0.000	0.35217651	0.04367985	43679.8505
	Compactador tipo rueda	1.65	-	153	8	1	0.88	-	0.000	0.00490366	1.1791E-07	0.11791271
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	153	7	10	9.9	-	0.001	1.02849245	1.08793595	1087935.95
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	153	7	3	11.1	-	0.000	0.27885758	0.0216844	21684.3986
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	153	7	6	13.54	-	0.001	0.60860323	0.22542535	225425.352
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	153	7	6	13.54	-	0.000	0.46184784	0.09851373	98513.7273
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	153	7	10	49.7	-	0.002	1.66164088	4.58787421	4587874.21
	Cargador S/llantas 200-250 HP	21.6	-	153	7	4	20.286	-	0.001	1.01024728	1.03105794	1031057.94
	Cargador S/llantas 100-115 HP	22	-	153	7	4	10.308	-	0.001	0.64059156	0.26287158	262871.581
	Cargador S/llantas 160-195 HP	20.2	-	153	7	4	18.585	-	0.001	0.88859039	0.70162464	701624.636
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	153	7	3	11.1	-	0.000	0.27885758	0.0216844	21684.3986
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	153	7	2	20.52	-	0.000	0.35338773	0.04413208	44132.0788
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	153	7	6	13.54	-	0.000	0.46184784	0.09851373	98513.7273
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	153	7	6	13.54	-	0.001	0.60860323	0.22542535	225425.352
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	153	18	6	16.584	-	0.006	6.01224818	217.325506	217325506
	Cargador S/llantas 125 HP	20	-	153	18	4	9.865	-	0.001	1.45214127	3.06215102	3062151.02

## Anexo 25

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 6

Actividad: Pavimento												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	153	36	4		0.239	-	0.067	0.00030658	306.584307
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	153	36	12	26	0.205	-	0.058	0.00019307	193.067669
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	153	36	12	25	0.308	-	0.087	0.0006516	651.603382
	Camion Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	153	36	6	8.94	0.205	-	0.058	0.00019307	193.067669
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	153	36	8	18	0.308	-	0.087	0.0006516	651.603382
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	153	9	3	11.1	-	0.000	0.35853118	0.04608725	46087.2495
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	153	9	10	13	-	0.002	1.60015219	4.09716891	4097168.91
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	153	9	6	13.54	-	0.000	0.33852398	0.03879434	38794.3368
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	153	9	6	13.54	-	0.001	0.78248987	0.47911102	479111.025
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	153	9	2	2.3	-	0.000	0.04631753	9.9366E-05	99.3656363
	Minicargador 70 HP	11.2	-	153	9	4	12.3	-	0.000	0.47449596	0.10683106	106831.062
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	153	9	6	13.575	-	0.000	0.22238445	0.01099799	10997.9886
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	11.4	-	153	4	2	8	-	0.000	0.11231849	0.00141695	1416.94738
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	13	-	153	4	2	3.7	-	0.000	0.07465656	0.00041611	416.105899
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TON	7.5	-	153	4	3	9	-	0.000	0.09827885	0.00094925	949.248989
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	153	4	9	5.5	-	0.000	0.09647056	0.00089781	897.809848
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	153	4	12	8.73	-	0.000	0.28220303	0.02247424	22474.2412
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	153	4	12	12	-	0.000	0.12821708	0.00210784	2107.84009
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	153	4	3	11.1	-	0.000	0.15934719	0.00404607	4046.06855
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	153	4	3	7.3	-	0.000	0.12902084	0.00214773	2147.7298
	Cargador S/ lantas 200-250 HP	37.2	-	153	4	4	20.286	-	0.001	0.99421161	0.98273516	982735.156
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	153	14	10	26	-	0.003	2.63942331	18.3876887	18387688.7

## Anexo 26

## Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 6

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	153	30	4		0.199	-	0.056	0.00017742	177.421474
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	153	30	12	26	0.134	-	0.038	5.3704E-05	53.7038767
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	153	30	12	25	0.256	-	0.072	0.00037709	377.08529
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	153	30	8	18	0.256	-	0.072	0.00037709	377.08529
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	153	11	2	2.3	-	0.000	0.05661032	0.00018142	181.420661
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	153	11	22	23.4	-	0.001	1.04767414	1.14994925	1149949.25
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	153	11	4	6.79	-	0.000	0.17080868	0.00498345	4983.4466
Curado de concreto	Camión cisterna	22.98	-	153	11	10	13	-	0.002	1.95574156	7.48056491	7480564.91
Excavación no clasificada para estructuras	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	153	11	2	2.3	-	0.000	0.05661032	0.00018142	181.420661
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	153	11	4	9	-	0.000	0.18724635	0.00656508	6565.08088
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	153	11	1	0.88	-	0.000	0.00674253	3.0653E-07	0.30652699
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	153	11	6	13.54	-	0.001	0.72576089	0.38227922	382279.216
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	153	10	10	49.7	-	0.009	9.29727633	803.650497	803650497
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	153	10	4	28.286	-	0.003	3.13676093	30.8634351	30863435.1
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	153	10	4	28.286	-	0.003	3.13676093	30.8634351	30863435.1
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	153	10	6	16.584	-	0.003	3.34013788	37.2643186	37264318.6
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	153	10	4	9.865	-	0.002	1.53281578	3.60138783	3601387.83

## Anexo 27

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 7

Actividad: Movimiento de tierras													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	109	38.04	4		0.307	-	0.086	0.00064487	644.872818	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	109	38.04	12	26	0.263	-	0.074	0.0004061	406.100667	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	109	38.04	12	25	0.394	-	0.111	0.00137059	1370.58975	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	109	38.04	8	18	0.394	-	0.111	0.00137059	1370.58975	
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	109	17.22	18	20.52	-	0.004	3.98117127	63.1004684	63100468.4	
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	109	17.22	20	18.03	-	0.002	2.43151298	14.3757257	14375725.7	
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	109	8.64	20	18.03	-	0.000	0.48799703	0.11621215	116212.151	
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	109	8.64	18	20.52	-	0.001	0.58136819	0.19649604	196496.037	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	109	8.64	20	18.03	-	0.000	0.45929132	0.09688682	96886.8246	
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	109	8.64	22	23.4	-	0.001	0.99369107	0.98119236	981192.361	
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	109	8.64	3	11.1	-	0.000	0.41562558	0.07179708	71797.0835	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	109	8.64	3	7.3	-	0.000	0.33652531	0.03811125	38111.2515	
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	109	8.64	6	13.54	-	0.000	0.42459892	0.07654849	76548.493	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	109	8.64	10	9.9	-	0.002	1.53292503	3.60215793	3602157.93	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	109	8.64	20	18.03	-	0.000	0.45929132	0.09688682	96886.8246	
	Compactador tipo rueda	1.65	-	109	8.64	1	0.88	-	0.000	0.00639511	2.6154E-07	0.26154367	
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	109	8.64	10	9.9	-	0.002	1.53292503	3.60215793	3602157.93	
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	109	8.64	3	11.1	-	0.000	0.41562558	0.07179708	71797.0835	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	109	8.64	6	13.54	-	0.001	0.90709769	0.74638375	746383.752	
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	109	8.64	6	13.54	-	0.001	0.68836491	0.32617913	326179.131	
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	109	5.93	10	49.7	-	0.002	1.69980039	4.9112696	4911269.6	
	Cargador S/lantas 200-250 HP	21.6	-	109	5.93	4	20.286	-	0.001	1.03344757	1.10373635	1103736.35	
	Cargador S/lantas 100-115 HP	22	-	109	5.93	4	10.308	-	0.001	0.65530272	0.28140118	281401.178	
	Cargador S/lantas 160-195 HP	20.2	-	109	5.93	4	18.585	-	0.001	0.90899683	0.75108157	751081.567	
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	109	7.06	3	11.1	-	0.000	0.33961998	0.03917235	39172.3547	
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	109	7.06	2	20.52	-	0.000	0.43039005	0.07972356	79723.5596	
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	109	7.06	6	13.54	-	0.001	0.56248336	0.17796273	177962.725	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	109	7.06	6	13.54	-	0.001	0.7412164	0.40722558	407225.582	
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	109	2.53	6	16.584	-	0.001	1.02044363	1.06259327	1062593.27	
	Cargador S/lantas 125 HP	20	-	109	2.53	4	9.865	-	0.000	0.24646825	0.01497211	14972.1085	

## Anexo 28

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 7

Actividad: Pavimento													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	109	26.53	4		0.214	-	0.060	0.00021876	218.758178	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	109	26.53	12	26	0.183	-	0.052	0.00013776	137.760252	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	109	26.53	12	25	0.275	-	0.077	0.00046494	464.94085	
	Camión Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	109	26.53	6	8.94	0.183	-	0.052	0.00013776	137.760252	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	109	26.53	8	18	0.275	-	0.077	0.00046494	464.94085	
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	109	7.75	3	11.1	-	0.000	0.3728123	0.05181681	51816.8112	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	109	7.75	10	13	-	0.002	1.66388991	4.60652848	4606528.48	
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	109	7.75	6	13.54	-	0.000	0.35200817	0.04361724	43617.2443	
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	109	7.75	6	13.54	-	0.001	0.81365822	0.53867405	538674.053	
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	109	7.75	2	2.3	-	0.000	0.04816246	0.00011172	111.718761	
	Minicargador 70 HP	11.2	-	109	7.75	4	12.3	-	0.000	0.49339621	0.12011229	120112.287	
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	109	7.75	6	13.575	-	0.000	0.23124253	0.01236526	12365.2573	
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	11.4	-	109	7.75	2	8	-	0.000	0.26278287	0.01814643	18146.4288	
	Rodillo tandem estático Auto 58-70HP	13	-	109	7.75	2	3.7	-	0.000	0.17466817	0.00532895	5328.946	
	Rodillo neumático Autop. 135 HP 9-26 TON	7.5	-	109	7.75	3	9	-	0.000	0.22993541	0.01215675	12156.7529	
	Rodillo neumático Autop. 81-100HP	6	-	109	7.75	9	5.5	-	0.000	0.2257047	0.01149799	11497.9869	
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	109	7.75	12	8.73	-	0.001	0.66024861	0.287821	287821.004	
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	109	7.75	12	12	-	0.000	0.29997959	0.02699449	26994.4888	
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	109	7.75	3	11.1	-	0.000	0.3728123	0.05181681	51816.8112	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	109	7.75	3	7.3	-	0.000	0.30186009	0.02750534	27505.3446	
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	109	7.75	4	20.286	-	0.002	2.32608	12.5856004	12585600.4	
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	109	6.78	10	26	-	0.002	1.54352906	3.67743013	3677430.13	

## Anexo 29

*Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 7*

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m <sup>3</sup> )	PM (µg/m <sup>3</sup> )
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	109	74.38	4		0.599	-	0.169	0.00482082	4820.8217
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	109	74.38	12	26	0.402	-	0.113	0.00145922	1459.21916
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	109	74.38	12	25	0.771	-	0.217	0.010246	10246.003
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	109	74.38	8	18	0.771	-	0.217	0.010246	10246.003
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	109	9.33	2	2.3	-	0.000	0.05798139	0.00019492	194.924278
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	109	9.33	22	23.4	-	0.001	1.07304834	1.23554299	1235542.99
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	109	9.33	4	6.79	-	0.000	0.17494559	0.00535438	5354.37763
Curado de concreto	Camión cisterna	22.98	-	109	9.33	10	13	-	0.002	2.00310875	8.03736303	8037363.03
Excavación no clasificada para estructuras	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	109	9.33	2	2.3	-	0.000	0.05798139	0.00019492	194.924278
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	109	9.33	4	9	-	0.000	0.19178137	0.00705374	7053.73711
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	109	9.33	1	0.88	-	0.000	0.00690583	3.2934E-07	0.3293426
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	109	9.33	6	13.54	-	0.001	0.7433385	0.41073326	410733.263
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	109	8.42	10	49.7	-	0.009	9.45304957	844.72589	844725890
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	109	8.42	4	28.286	-	0.003	3.18931648	32.4408967	32440896.7
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	109	8.42	4	28.286	-	0.003	3.18931648	32.4408967	32440896.7
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	109	8.42	6	16.584	-	0.003	3.39610094	39.1689357	39168935.7
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	109	8.42	4	9.865	-	0.002	1.55849768	3.78545842	3785458.42

## Anexo 30

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 8

Actividad: Movimiento de tierras													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	107	15	4		0.122	-	0.034	4.0492E-05	40.4917664	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	107	15	12	26	0.104	-	0.029	2.5499E-05	25.4991882	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	107	15	12	25	0.157	-	0.044	8.606E-05	86.0597602	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	107	15	8	18	0.157	-	0.044	8.606E-05	86.0597602	
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	107	5	18	20.52	-	0.001	1.16500411	1.58118388	1581183.88	
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	107	5	20	18.03	-	0.001	0.71152996	0.36022975	360229.746	
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	107	4	20	18.03	-	0.000	0.22768959	0.01180401	11804.0083	
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	107	4	18	20.52	-	0.000	0.27125469	0.01995868	19958.6776	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	107	4	20	18.03	-	0.000	0.21429608	0.00984108	9841.07839	
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	107	4	22	23.4	-	0.000	0.46363624	0.09966258	99662.5802	
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	107	4	3	11.1	-	0.000	0.19392252	0.00729264	7292.63993	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	107	4	3	7.3	-	0.000	0.15701593	0.00387107	3871.07137	
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	107	4	6	13.54	-	0.000	0.1981093	0.00777525	7775.25451	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	107	4	10	9.9	-	0.001	0.71523195	0.36588173	365881.725	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	107	4	20	18.03	-	0.000	0.21429608	0.00984108	9841.07839	
	Compactador tipo rueda	1.65	-	107	4	1	0.88	-	0.000	0.00298383	2.6566E-08	0.02656576	
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	107	4	10	9.9	-	0.001	0.71523195	0.36588173	365881.725	
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	107	4	3	11.1	-	0.000	0.19392252	0.00729264	7292.63993	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	107	4	6	13.54	-	0.000	0.42323351	0.07581238	75812.3825	
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	107	4	6	13.54	-	0.000	0.3211772	0.03313097	33130.9692	
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	107	5	10	49.7	-	0.001	1.44441828	3.01355367	3013553.67	
	Cargador S/llantas 200-250 HP	21.6	-	107	5	4	20.286	-	0.001	0.87817992	0.67725232	677252.318	
	Cargador S/llantas 100-115 HP	22	-	107	5	4	10.308	-	0.001	0.55684846	0.17266768	172667.685	
	Cargador S/llantas 160-195 HP	20.2	-	107	5	4	18.585	-	0.001	0.77242695	0.46086344	460863.441	
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	107	4	3	11.1	-	0.000	0.19392252	0.00729264	7292.63993	
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	107	4	2	20.52	-	0.000	0.24575211	0.01484198	14841.9777	
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	107	4	6	13.54	-	0.000	0.3211772	0.03313097	33130.9692	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	107	4	6	13.54	-	0.000	0.42323351	0.07581238	75812.3825	
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	107	25	6	16.584	-	0.010	10.1622119	1049.45723	1049457233	
	Cargador S/llantas 125 HP	20	-	107	25	4	9.865	-	0.002	2.45448406	14.7870197	14787019.7	

## Anexo 31

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 8

Actividad: Pavimento												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	107	10	4		0.081	-	0.023	1.1998E-05	11.9975604
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	107	10	12	26	0.070	-	0.020	7.5553E-06	7.55531502
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	107	10	12	25	0.104	-	0.029	2.5499E-05	25.4991882
	Camión Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	107	10	6	8.94	0.070	-	0.020	7.5553E-06	7.55531502
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	107	10	8	18	0.104	-	0.029	2.5499E-05	25.4991882
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	107	4	3	11.1	-	0.000	0.19392252	0.00729264	7292.63993
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	107	4	10	13	-	0.001	0.86549112	0.64831766	648317.656
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	107	4	6	13.54	-	0.000	0.18310102	0.00613864	6138.64208
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	107	4	6	13.54	-	0.000	0.42323351	0.07581238	75812.3825
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	107	4	2	2.3	-	0.000	0.02505225	1.5723E-05	15.7231732
	Minicargador 70 HP	11.2	-	107	4	4	12.3	-	0.000	0.25664561	0.01690447	16904.4687
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	107	4	6	13.575	-	0.000	0.12028341	0.00174027	1740.27246
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	11.4	-	107	4	2	8	-	0.000	0.13668948	0.00255391	2553.90805
	Rodillo tandem estático Auto 58-70HP	13	-	107	4	2	3.7	-	0.000	0.09085562	0.00074999	749.989887
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TON	7.5	-	107	4	3	9	-	0.000	0.1196035	0.00171093	1710.92778
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	107	4	9	5.5	-	0.000	0.11740285	0.00161821	1618.2138
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	107	4	12	8.73	-	0.000	0.34343577	0.04050761	40507.6056
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	107	4	12	12	-	0.000	0.15603777	0.00379917	3799.1741
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	107	4	3	11.1	-	0.000	0.19392252	0.00729264	7292.63993
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	107	4	3	7.3	-	0.000	0.15701593	0.00387107	3871.07137
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	107	4	4	20.286	-	0.001	1.20993677	1.7712833	1771283.3
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	107	4	10	26	-	0.001	0.91775096	0.77299119	772991.19

## Anexo 32

## Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 8

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	107	8	4		0.065	-	0.018	6.1428E-06	6.14275094
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	107	8	12	26	0.044	-	0.012	1.8594E-06	1.85935519
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	107	8	12	25	0.084	-	0.024	1.3056E-05	13.0555844
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	107	8	8	18	0.084	-	0.024	1.3056E-05	13.0555844
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	107	2	2	2.3	-	0.000	0.01252612	1.9654E-06	1.96539665
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	107	2	22	23.4	-	0.000	0.23181812	0.01245782	12457.8225
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	107	2	4	6.79	-	0.000	0.03779472	5.3988E-05	53.9875073
Curado de concreto	Camion cisterna	22.98	-	107	2	10	13	-	0.000	0.43274556	0.08103971	81039.707
	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	107	2	2	2.3	-	0.000	0.01252612	1.9654E-06	1.96539665
Excavación no clasificada para estructuras	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	107	2	4	9	-	0.000	0.04143187	7.1122E-05	71.1219323
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	107	2	1	0.88	-	0.000	0.00149191	3.3207E-09	0.00332072
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	107	2	6	13.54	-	0.000	0.1605886	0.00414137	4141.37115
Transporte de material de cantera	Camión volquete 15 M3	47	-	107	5	10	49.7	-	0.006	5.65730494	181.062606	181062606
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	107	5	4	28.286	-	0.002	1.90868944	6.95353764	6953537.64
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	107	5	4	28.286	-	0.002	1.90868944	6.95353764	6953537.64
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	107	5	6	16.584	-	0.002	2.03244239	8.39565786	8395657.86
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	107	5	4	9.865	-	0.001	0.93270394	0.81139334	811393.343

## Anexo 33

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 9

Actividad: Movimiento de tierras												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	205	9.8	4		0.049	-	0.014	2.5966E-06	2.59659792
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	205	9.8	12	26	0.042	-	0.012	1.6352E-06	1.63517536
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	205	9.8	12	25	0.063	-	0.018	5.5187E-06	5.51871685
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	205	9.8	8	18	0.063	-	0.018	5.5187E-06	5.51871685
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	205	3.1	18	20.52	-	0.000	0.44793957	0.08987901	89879.009
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	205	3.1	20	18.03	-	0.000	0.27358051	0.02047649	20476.488
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	205	3.1	20	18.03	-	0.000	0.1094322	0.0013105	1310.49523
Excavación no clasificada para explanaciones	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	205	3.1	18	20.52	-	0.000	0.13037047	0.00221584	2215.83645
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	205	3.1	20	18.03	-	0.000	0.10299502	0.00109257	1092.56838
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	205	3.1	22	23.4	-	0.000	0.22283292	0.01106466	11064.6598
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	205	3.1	3	11.1	-	0.000	0.09320307	0.00080964	809.637675
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	205	3.1	3	7.3	-	0.000	0.07546502	0.00042977	429.771009
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	205	3.1	6	13.54	-	0.000	0.09521532	0.00086322	863.218127
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	205	3.1	10	9.9	-	0.000	0.34375489	0.04062063	40620.6301
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	205	3.1	20	18.03	-	0.000	0.10299502	0.00109257	1092.56838
	Compactador tipo rueda	1.65	-	205	3.1	1	0.88	-	0.000	0.00143409	2.9494E-09	0.00294936
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	205	3.1	10	9.9	-	0.000	0.34375489	0.04062063	40620.6301
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	205	3.1	3	11.1	-	0.000	0.09320307	0.00080964	809.637675
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	205	3.1	6	13.54	-	0.000	0.20341456	0.00841678	8416.78208
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	205	3.1	6	13.54	-	0.000	0.15436424	0.00367824	3678.24013
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	205	2.8	10	49.7	-	0.001	0.50162743	0.12622455	126224.553
	Cargador S/lantas 200-250 HP	21.6	-	205	2.8	4	20.286	-	0.000	0.30498031	0.02836713	28367.1308
	Cargador S/lantas 100-115 HP	22	-	205	2.8	4	10.308	-	0.000	0.19338613	0.00723229	7232.29241
	Cargador S/lantas 160-195 HP	20.2	-	205	2.8	4	18.585	-	0.000	0.2682537	0.01930355	19303.5493
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	205	2.8	3	11.1	-	0.000	0.08418342	0.0005966	596.595154
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	205	2.8	2	20.52	-	0.000	0.10668309	0.00121419	1214.1902
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	205	2.8	6	13.54	-	0.000	0.13942576	0.00271037	2710.37318
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	205	2.8	6	13.54	-	0.000	0.18372928	0.00620205	6202.0476
aporte de material excedente y desn	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	205	2.4	6	16.584	-	0.001	0.60500611	0.22145183	221451.83
	Cargador S/lantas 125 HP	20	-	205	2.4	4	9.865	-	0.000	0.14612742	0.00312029	3120.29158

## Anexo 34

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 9

Actividad: Pavimento												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	205	8.1	4		0.040	-	0.011	1.4662E-06	1.46616056
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	205	8.1	12	26	0.035	-	0.010	9.233E-07	0.92329645
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	205	8.1	12	25	0.052	-	0.015	3.1161E-06	3.11612551
	Camión Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	205	8.1	6	8.94	0.035	-	0.010	9.233E-07	0.92329645
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	205	8.1	8	18	0.052	-	0.015	3.1161E-06	3.11612551
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	205	2.9	3	11.1	-	0.000	0.08718997	0.00066283	662.82613
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	205	2.9	10	13	-	0.000	0.38913554	0.05892542	58925.4217
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	205	2.9	6	13.54	-	0.000	0.08232449	0.00055794	557.939568
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	205	2.9	6	13.54	-	0.000	0.19029104	0.00689057	6890.56756
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	205	2.9	2	2.3	-	0.000	0.0112638	1.4291E-06	1.42907509
	Minicargador 70 HP	11.2	-	205	2.9	4	12.3	-	0.000	0.11539105	0.00153644	1536.44272
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	205	2.9	6	13.575	-	0.000	0.05408092	0.00015817	158.172907
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	11.4	-	205	2.9	2	8	-	0.000	0.06145728	0.00023212	232.124032
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	13	-	205	2.9	2	3.7	-	0.000	0.04084981	6.8166E-05	68.1663841
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TON	7.5	-	205	2.9	3	9	-	0.000	0.05377522	0.00015551	155.505777
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	205	2.9	9	5.5	-	0.000	0.05278578	0.00014708	147.079027
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	205	2.9	12	8.73	-	0.000	0.15441298	0.00368173	3681.72565
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	205	2.9	12	12	-	0.000	0.07015652	0.00034531	345.305937
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	205	2.9	3	11.1	-	0.000	0.08718997	0.00066283	662.82613
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	205	2.9	3	7.3	-	0.000	0.07059631	0.00035184	351.840662
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	205	2.9	4	20.286	-	0.001	0.54400258	0.16099147	160991.474
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	205	2.9	10	26	-	0.000	0.41263222	0.07025697	70256.9665

## Anexo 35

## Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 9

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	205	8.1	4		0.040	-	0.011	1.4662E-06	1.46616056
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	205	8.1	12	26	0.027	-	0.008	4.4379E-07	0.44379355
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	205	8.1	12	25	0.052	-	0.015	3.1161E-06	3.11612551
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	205	8.1	8	18	0.052	-	0.015	3.1161E-06	3.11612551
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	205	0.5	2	2.3	-	0.000	0.00194203	7.3244E-09	0.00732438
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	205	0.5	22	23.4	-	0.000	0.03594079	4.6426E-05	46.4261848
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	205	0.5	4	6.79	-	0.000	0.00585965	2.0119E-07	0.20119359
Curado de concreto	Camion cisterna	22.98	-	205	0.5	10	13	-	0.000	0.06709233	0.00030201	302.008189
Excavación no clasificada para estructuras	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	205	0.5	2	2.3	-	0.000	0.00194203	7.3244E-09	0.00732438
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	205	0.5	4	9	-	0.000	0.00642355	2.6505E-07	0.26504792
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	205	0.5	1	0.88	-	0.000	0.0002313	1.2375E-11	1.2375E-05
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	205	0.5	6	13.54	-	0.000	0.02489746	1.5434E-05	15.4335207
Transporte de material de cantera	Camion volquete 15 M3	47	-	205	2.4	10	49.7	-	0.002	1.68403496	4.77587892	4775878.92
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	205	2.4	4	28.286	-	0.001	0.56816802	0.1834131	183413.1
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	205	2.4	4	28.286	-	0.001	0.56816802	0.1834131	183413.1
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	205	2.4	6	16.584	-	0.001	0.60500611	0.22145183	221451.83
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	205	2.4	4	9.865	-	0.000	0.2776421	0.02140208	21402.08

## Anexo 36

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Movimiento de Tierras del Proyecto 10

Actividad: Movimiento de tierras													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipo	Camioneta 84 HP	70	43.4	47	25	4		0.251	-	0.071	0.00035496	354.964091	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	47	25	12	26	0.215	-	0.061	0.00022353	223.534238	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	47	25	12	25	0.323	-	0.091	0.00075443	754.428054	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	47	25	8	18	0.323	-	0.091	0.00075443	754.428054	
Desbroce y limpieza	Tractor orugas de 190-240 HP	13.4	-	47	25	18	20.52	-	0.007	7.17967652	370.096205	370096205	
	Tractor orugas de 140-160 HP	8.5	-	47	25	20	18.03	-	0.004	4.38501021	84.3163557	84316355.7	
Corte de terreno	Tractor de orugas 140-160 HP	3.4	-	47	1.1	20	18.03	-	0.000	0.07717618	0.00045967	459.673884	
Movilización no clasificada para explanación	Tractor de orugas 190-240 HP	3.9	-	47	1.1	18	20.52	-	0.000	0.09194272	0.00077723	777.234531	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	47	1.1	20	18.03	-	0.000	0.0726364	0.00038323	383.233102	
	Excavadora sobre orugas 115-165 HP	5.5	-	47	1.1	22	23.4	-	0.000	0.15715112	0.00388108	3881.07871	
Relleno con material	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	47	2.9	3	11.1	-	0.000	0.17329007	0.00520381	5203.80523	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	47	2.9	3	7.3	-	0.000	0.14031017	0.00276228	2762.27836	
	Motoniveladora de 125HP	6.6	-	47	2.9	6	13.54	-	0.000	0.1770314	0.00554818	5548.18426	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	47	2.9	10	9.9	-	0.001	0.6391346	0.26108203	261082.03	
	Tractor de orugas 140-160 HP	3.2	-	47	2.9	20	18.03	-	0.000	0.19149598	0.00702229	7022.29311	
	Compactador tipo rueda	1.65	-	47	2.9	1	0.88	-	0.000	0.00266636	1.8957E-08	0.01895651	
Perfilado y compactado en zonas de corte	Camión cisterna 122HP	22.98	-	47	2.9	10	9.9	-	0.001	0.6391346	0.26108203	261082.03	
	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	47	2.9	3	11.1	-	0.000	0.17329007	0.00520381	5203.80523	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	47	2.9	6	13.54	-	0.000	0.37820344	0.0540974	54097.4018	
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	47	2.9	6	13.54	-	0.000	0.28700544	0.02364125	23641.2482	
Remoción de derrumbes	Volquete de 15 M3	12	-	47	1.1	10	49.7	-	0.000	0.39167249	0.06008544	60085.4357	
	Cargador S/lantas 200-250 HP	21.6	-	47	1.1	4	20.286	-	0.000	0.23812972	0.01350333	13503.327	
	Cargador S/lantas 100-115 HP	22	-	47	1.1	4	10.308	-	0.000	0.15099658	0.00344272	3442.71721	
	Cargador S/lantas 160-195 HP	20.2	-	47	1.1	4	18.585	-	0.000	0.20945345	0.00918888	9188.87921	
Conformación de terraplenes	Rodillo liso vibratorio Autop 101-135 HP	10.5	-	47	2.9	3	11.1	-	0.000	0.17329007	0.00520381	5203.80523	
	Tractor de orugas de 190-240 HP	10.6	-	47	2.9	2	20.52	-	0.000	0.21960523	0.01059078	10590.7822	
	Motoniveladora 125 HP	10.7	-	47	2.9	6	13.54	-	0.000	0.28700544	0.02364125	23641.2482	
	Motoniveladora 145-150 HP	14.1	-	47	2.9	6	13.54	-	0.000	0.37820344	0.0540974	54097.4018	
Transporte de material excedente y desmonte	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	47	2.3	6	16.584	-	0.001	1.15234757	1.530208	1530208	
	Cargador S/lantas 125 HP	20	-	47	2.3	4	9.865	-	0.000	0.27832708	0.02156087	21560.8747	

## Anexo 37

## Estimación de Material Particulado de la Actividad Colocación de Pavimento del proyecto 10

Actividad: Pavimento													
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)	
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	47	26.1	4		0.262	-	0.074	0.00040391	403.91122	
	Camión volquete 330 HP 10M3	60	37.2	47	26.1	12	26	0.225	-	0.063	0.00025436	254.358086	
	Camión Cama Baja 25 ton	90	55.8	47	26.1	12	25	0.337	-	0.095	0.00085846	858.45854	
	Camión Imprimidor de 1800 GLS	60	37.2	47	26.1	6	8.94	0.225	-	0.063	0.00025436	254.358086	
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	47	26.1	8	18	0.337	-	0.095	0.00085846	858.45854	
Colocación de base y sub-base granular	Rodillo liso vibrador Autop 101-135 HP, 10-12 T	10.5	-	47	4.4	3	11.1	-	0.000	0.26292287	0.01817545	18175.4457	
	Camión cisterna 122HP	22.98	-	47	4.4	10	13	-	0.001	1.17344494	1.61580202	1615802.02	
	Motoniveladora de 125HP	6.1	-	47	4.4	6	13.54	-	0.000	0.24825092	0.01529934	15299.337	
	Motoniveladora de 145-150 HP	14.1	-	47	4.4	6	13.54	-	0.001	0.5738259	0.18894719	188947.192	
Impresión asfáltica	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	47	4.4	2	2.3	-	0.000	0.03396619	3.9187E-05	39.1868628	
	Minicargador 70 HP	11.2	-	47	4.4	4	12.3	-	0.000	0.3479637	0.04213101	42131.0054	
	Camión imprimidor de 178-200 HP, 1800 GLS	4	-	47	4.4	6	13.575	-	0.000	0.16308193	0.00433728	4337.28084	
Pavimento asfáltico	Rodillo tandem vibratorio Autop 111-130 HP 9-11 TON	11.4	-	47	2.5	2	8	-	0.000	0.10529858	0.00116753	1167.52866	
	Rodillo tandem estátic Auto 58-70HP	13	-	47	2.5	2	3.7	-	0.000	0.06999052	0.00034286	342.860695	
	Rodillo neumatico Autop. 135 HP 9-26 TON	7.5	-	47	2.5	3	9	-	0.000	0.09213642	0.00078216	782.157065	
	Rodillo neumatico Autop. 81-100HP	6	-	47	2.5	9	5.5	-	0.000	0.09044115	0.00073977	739.772518	
	Pavimentadora sobre orugas 69 HP	11	-	47	2.5	12	8.73	-	0.000	0.26456534	0.0185182	18518.2041	
	Pavimentadora sobre orugas 105 HP	4	-	47	2.5	12	12	-	0.000	0.12020351	0.00173681	1736.80672	
	Rodillo liso vibr. Autop. 101-135 HP	10.5	-	47	2.5	3	11.1	-	0.000	0.14938799	0.00333386	3333.85775	
	Rodillo liso vibrador Autop 70-100 HP, 7-9 T	11.4	-	47	2.5	3	7.3	-	0.000	0.12095704	0.00176967	1769.67483	
	Cargador S/ llantas 200-250 HP	37.2	-	47	2.5	4	20.286	-	0.001	0.93207339	0.80974882	809748.816	
Transporte de mezcla asfáltica	Volquete 15 M3	15	-	47	4.6	10	26	-	0.001	1.30085863	2.20135613	2201356.13	

## Anexo 38

*Estimación de Material Particulado para la Actividad Obras de Arte y Drenaje del proyecto 10*

Actividad: Obra de arte y drenaje												
Acción	Equipo	Velocidad (km/h)	Velocidad (milla/hora)	w (días/año)	%finos	nro ruedas	Peso promedio (Mg)	E (lb/milla)	E (Mg/km)	E (gr/m)	PM (gr/m3)	PM (µg/m3)
Movilización y desmovilización de equipos	Camioneta 84 HP	70	43.4	47	18.1	4		0.182	-	0.051	0.00013471	134.710088
	Camión volquete 330 HP 10M3	47	29.14	47	18.1	12	26	0.122	-	0.034	4.0776E-05	40.7755261
	Camion Cama Baja 25 ton	90	55.8	47	18.1	12	25	0.234	-	0.066	0.00028631	286.30803
	Camión Cama baja 18 ton	90	55.8	47	18.1	8	18	0.234	-	0.066	0.00028631	286.30803
Demolición de estructuras menores	Compresora neumática 87 HP, 250-330 PCM	5	-	47	2	2	2.3	-	0.000	0.01543918	3.6802E-06	3.68020875
	Excavadora sobre orugas 115-150 HP	5.5	-	47	2	22	23.4	-	0.000	0.28572931	0.0233273	23327.295
	Retroexcavadora S/ llantas 58 HP	5	-	47	2	4	6.79	-	0.000	0.04658419	0.00010109	101.091704
Curado de concreto	Camión cisterna	22.98	-	47	2	10	13	-	0.001	0.53338406	0.151747	151746.997
Excavación no clasificada para estructuras	Compresora neumática 250-330 PCM, 87 HP	5	-	47	2	2	2.3	-	0.000	0.01543918	3.6802E-06	3.68020875
	Excavadora S/ llantas 58 HP	4.5	-	47	2	4	9	-	0.000	0.05106719	0.00013318	133.175946
	Compactadora tipo rueda	1.65	-	47	2	1	0.88	-	0.000	0.00183887	6.2181E-09	0.00621805
	Motoniveladora de 125HP	10.7	-	47	2	6	13.54	-	0.000	0.19793479	0.00775472	7754.72489
Transporte de material de cantera	Camión volquete 15 M3	47	-	47	2.8	10	49.7	-	0.004	3.90485606	59.540858	59540858
	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	47	2.8	4	28.286	-	0.001	1.31743959	2.28661018	2286610.18
Transporte de material excedente	Cargador S/ llantas 200-250HP	37.2	-	47	2.8	4	28.286	-	0.001	1.31743959	2.28661018	2286610.18
	Volquete 10M3 D=20KM	47	-	47	2.8	6	16.584	-	0.001	1.40285791	2.76083883	2760838.83
	Cargador S/llantas 125-155 HP	38	-	47	2.8	4	9.865	-	0.001	0.64378263	0.26681962	266819.621