

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN MEDIO AMBIENTE Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE, MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

---

---

**APLICACIÓN DE CLORURO DE CALCIO PARA EL CONTROL DE  
PARTÍCULAS MENORES A 10 $\mu$ m GENERADO DURANTE EL PROCESO DE  
CARGA Y DESCARGA DE MATERIAL EXCEDENTE EN OBRA**

---

---

**TESISTA: JONATHAN OSCAR BONIFACIO MUNGUIA**

**ASESOR: Dr. EDWARD HUERTO MEDINA**

**HUÁNUCO - PERÚ**

**2018**

## DEDICATORIA

A mi esposa Mildred M. Campos  
Gonzales, por su amor y su apoyo  
incondicional

A mi hijo Thiago Jonathan Bonifacio  
Campos, por ser el motivo de mis  
calmas, emociones, orgullo, mi retrato  
e inspiración de esfuerzo de todos los  
días.

A mi madre Francisca Munguía, por la  
vida que me dio y a mi padre Sebastian  
Bonifacio, mi gran amigo.

## **AGRADECIMIENTO**

- 1.- A Dios
- 2.- Al Dr. Edwar Huerto Medina, asesor de la presente tesis; por su dedicación y paciencia para poder transmitir sus conocimientos.
- 3.- A los profesores de la Escuela de Posgrado
- 3.- Finalmente a todas aquellas personas, colegas y amigos que me brindaron su apoyo, tiempo e información para el logro de mis objetivos.

## RESUMEN

El proceso de carga y descarga de los materiales que son generados por los excedentes en una obra civil, genera grandes volúmenes de partículas menores da  $10\mu\text{m}$ , durante el proceso de acumulación y transporte para un destino final por ejemplo, esto en el área de intervención del proyecto pero la utilización del cloruro de calcio como aditivo de ayuda para poder realizar el control de estas partículas durante el proceso de carga y descarga de material excedente, es un problema que afecta a muchos y muy diversos sectores en la actualidad por que la industria de la construcción dentro de nuestra sociedad es grande por lo mismo del crecimiento demográfico. Con facilidad podemos conocer los puntos y el origen de la emisión, pero no podemos conocer la composición de estas partículas, trayendo consigo como consecuencia un impacto ambiental negativo sobre nuestra atmósfera y a sus efectos sobre la salud que pueden ser más o menos graves. No obstante, no hay polvos (grupo de partículas) inocuos; cualquier exposición a polvo supone un riesgo, en general las partículas presentes provocan irritación de las vías respiratorias, y tras exposiciones repetidas puede dar lugar a bronquitis crónica, cáncer nasal, conjuntivitis, enfermedades a la piel, entre otros. Siendo estos motivos suficientes para que se pueda generar un conflicto social donde los afectados puedan oponerse al desarrollo del proyecto llegando quizás a paralizarla y atrasando el desarrollo de nuestra región.

**Palabras clave:** Partículas en suspensión, aditivos.

## ABSTRACT

The process of loading and unloading the materials that are generated by the surpluses in a civil work, generates large volumes of smaller particles of 10µm, during the accumulation and transport process for a final destination for example, this in the intervention area of the project but the use of calcium chloride as a help additive to be able to control these particles during the process of loading and unloading excess material, is a problem that affects many and very diverse sectors at present because the industry of The construction within our society is great for the same demographic growth. We can easily know the points and the origin of the emission, but we can not know the composition of these particles, resulting in a negative environmental impact on our atmosphere and its effects on health that can be more or less serious. However, there are no innocuous powders (group of particles); any exposure to dust is a risk, in general the particles present cause irritation of the respiratory tract, and after repeated exposures can lead to chronic bronchitis, nasal cancer, conjunctivitis, skin diseases, among others. These reasons are sufficient to generate a social conflict where those affected can oppose the development of the project, perhaps paralyzing it and delaying the development of our region.

**Key words:** Suspended particles, additives.

## INDICE

|   |       |      |
|---|-------|------|
| Dedicatoria   | ..... | II   |
| Agradecimiento  | ..... | III  |
| Resumen   | ..... | IV   |
| Abstract  | ..... | V    |
| Índice  | ..... | VI   |
| Introducción  | ..... | VIII |
| <b>I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>                 | ..... | 1    |
| 1.1 Fundamentación del problema de investigación                    | ..... | 1    |
| 1.2 Justificación   | ..... | 2    |
| 1.3 Importancia o propósito   | ..... | 3    |
| 1.4 Limitaciones  | ..... | 3    |
| 1.5 Formulación del problema de investigación general y específicos | ..... | 4    |
| 1.5.1 Problema general  | ..... | 4    |
| 1.5.2 Problemas específicos   | ..... | 4    |
| 1.6 Formulación de objetivos generales y específicos                | ..... | 4    |
| 1.6.1 Objetivo general  | ..... | 4    |
| 1.6.2 Objetivos específicos   | ..... | 5    |
| 1.7 Formulación de hipótesis generales y específicos                | ..... | 5    |
| 1.7.1 Hipótesis general   | ..... | 5    |
| 1.7.2 Hipótesis específicas   | ..... | 6    |
| 1.8 Variables   | ..... | 7    |
| 1.9 Operacionalización de variables                                 | ..... | 7    |
| 1.1 Definición de términos operacionales                            | ..... | 8    |
| <b>II. MARCO TEÓRICO</b>  | ..... | 9    |
| 2.1 Antecedentes  | ..... | 9    |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales                                  | ..... | 9    |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales                                       | ..... | 11   |
| 2.2 Bases teóricas  | ..... | 13   |
| 2.3 Bases conceptuales  | ..... | 19   |
| <b>III. METODOLOGÍA</b>   | ..... | 20   |
| 3.1 Ámbito  | ..... | 20   |
| 3.2 Población   | ..... | 20   |
| 3.3 Muestra   | ..... | 21   |
| 3.4 Nivel y tipo de estudio   | ..... | 21   |
| 3.5 Diseño de investigación   | ..... | 22   |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 3.6        | Técnicas e instrumentos                           | 24        |
| 3.7        | Validación y confiabilidad del instrumento        | 25        |
| 3.8        | Procedimiento                                     | 27        |
| 3.9        | Tabulación  | 28        |
| <b>IV.</b> | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                     | <b>29</b> |
| 4.1        | Análisis descriptivo                              | 29        |
| 4.2        | Análisis inferencial y contrastación de hipótesis | 30e       |
| 4.3        | Discusión de resultados                           | 46        |
| 4.4        | Aporte a la investigación                         | 49        |
|            | <b>CONCLUSIONES</b>                               | <b>50</b> |
|            | <b>RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS</b>              | <b>51</b> |
|            | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                 | <b>52</b> |
|            | <b>ANEXOS</b>                                     | <b>54</b> |

## INTRODUCCION

La industria de la construcción en nuestro país es cada día más grande por lo tanto el movimiento de tierras está muy relacionado con esta actividad, dentro del proceso de traslados de estos materiales generados por los excedentes en una obra, generan grandes volúmenes de partículas menores de  $10\mu\text{m}$ , principalmente durante la carga y descarga, finalmente en el transporte para un destino final; en el área de intervención del proyecto se utilizó el cloruro de calcio, como aditivo de ayuda para poder realizar el control de estas partículas durante el proceso de carga y descarga de material excedente, llegando a determinar la eficiencia del tratamiento paliativo al conocer la cantidad de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  generado en el proceso de carga y descarga de material excedente y luego de la aplicación también conocer la cantidad de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$ , que luego se comparó con los resultados llegando a determinar el grado de su eficiencia.

Es un problema porque afecta a muchos sectores y que en la actualidad la industria de la construcción en nuestra sociedad es grande, por lo mismo del crecimiento demográfico. Con facilidad podemos conocer los puntos y el origen de la emisión, pero no podemos conocer la composición de estas partículas, trayendo consigo como consecuencia un impacto ambiental negativo sobre nuestra atmósfera y a sus efectos sobre la salud que pueden ser más o menos graves. No obstante, no hay polvos (grupo de partículas) inocuos; cualquier exposición a polvo supone un riesgo, en general las partículas presentes provocan irritación de las vías respiratorias, y tras exposiciones repetidas puede dar lugar a bronquitis crónica, cáncer nasal, conjuntivitis, enfermedades a la piel, entre otros. Siendo estos motivos

suficientes para que se pueda generar un conflicto social donde los afectados puedan oponerse al desarrollo del proyecto llegando quizás a paralizarla y atrasando el desarrollo de nuestra región.

## **I. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Fundamentación del problema de investigación**

En la actualidad se vienen desarrollando obras de gran envergadura en nuestro país los cuales originan grandes problemas sociales por diversos incumplimientos de los programas del plan de manejo ambiental, propuesto dentro del expediente técnico y hasta en ocasiones la gran deficiencia en el expediente técnico que no cuenta con un instrumento de gestión ambiental, mucho menos con partidas presupuestales para ser ejecutadas; ya que este impacto ambiental negativo generado en el proceso constructivo de carga y descarga de material excedente en obra, que afecta directamente a la atmósfera y a la salud de la población aledaña a las áreas de intervención de los proyectos.

La exposición a las partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generadas por la carga y descarga de material excedente en obras en el área de intervención del proyecto, es un problema que afecta a muchos y muy diversos sectores en la actualidad. Si bien es cierto con facilidad podemos conocer los puntos y el origen de la emisión, pero no podemos conocer la composición de estas partículas, trayendo consigo como consecuencia un impacto ambiental negativo sobre nuestra atmósfera y a su vez efectos sobre la salud que pueden ser más o menos graves. No obstante, no

hay polvos (grupo de partículas) inocuos; cualquier exposición a polvo supone un riesgo, en general las partículas presentes provocan irritación de las vías respiratorias, y tras exposiciones repetidas puede dar lugar a bronquitis crónica, cáncer nasal, conjuntivitis, enfermedades a la piel, entre otros. Siendo estos motivos suficientes para que se pueda generar un conflicto social donde los afectados puedan oponerse al desarrollo del proyecto llegando quizás a paralizarla y atrasando el desarrollo de nuestra región.

Por ello se propone la utilización del cloruro de calcio como aditivo de ayuda para poder realizar el control de estas partículas en el proceso de carga y descarga de material excedente.

## **1.2 Justificación**

En la actualidad en una obra cualquiera se aplican los sistemas integrados de gestión, compuestos por la calidad, seguridad, higiene y salud ocupacional, medio ambiente y responsabilidad social.

El control de partículas se encuentra dentro de las medidas de control para evitar la contaminación atmosférica y controles de salud ocupacional, estas se encuentran plasmadas dentro del Plan de Manejo Ambiental y Plan de Seguridad y Salud Ocupacional.

Las partículas menores a  $10\mu\text{m}$  son elementos que pueden hacer que la calidad de producto disminuya, que los trabajadores puedan sufrir enfermedades laborales, contaminar la atmósfera ya que no conocemos la composición de estas partículas, y crear un gran conflicto social ya que la calidad de vida de los pobladores que se encuentren dentro del área de intervención del proyecto disminuirán porque

se verán afectados cuando estas partículas se encuentren en suspensión y sean fuente de enfermedades tanto respiratorias como dérmicas.

El control de las partículas menores a 10 $\mu$ m nos permitió cumplir con lo establecido en el Plan de Manejo ambiental (PMA) y así se pudo mitigar la contaminación atmosférica, al reducir el porcentaje de enfermedades laborales por la inhalación y respiración de partículas, y así evitamos conflictos sociales en el desarrollo de la obra.

### **1.3 Importancia**

Es importante el presente trabajo de investigación a merito que la contaminación ambiental con un impacto positivo ante la generación de las partículas en suspensión que son generados por la manipulación necesaria de los residuos o excedentes de obras civiles y con el uso del cloruro de calcio para el control de las partículas menores de 10 $\mu$ m y que como resultado disminuyó la generación de partículas en suspensión.

### **1.4 Limitaciones**

La limitante en el desarrollo del presente trabajo de investigación será que en el medio local no existen trabajos de investigación relacionados al tratamiento paliativo de PM<sub>10</sub> en obras de construcción por lo que se tuvo que buscar información relacionada a nivel nacional e internacional.

## **1.5 Formulación del problema de investigación general y específicos**

### **1.5.1 Problema General**

¿Cuál es el efecto de la aplicación de cloruro de calcio sobre las partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra?

### **1.5.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuál será el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra?
- ¿Cómo influenciará las interacciones de los factores en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra?
- ¿Existirá dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra y las variables climáticas?

## **1.6 Formulación de objetivos generales y específicos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Conocer el efecto de la aplicación de cloruro de calcio para el control de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente en obra.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra
- Determinar la influencia de la mejor interacción de los factores en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra
- Establecer la dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra y las variables climáticas

## **1.7 Formulación de la hipótesis y/o sistema de hipótesis**

### **1.7.1 Hipótesis General**

Hi: El efecto de la aplicación de cloruro de calcio para el control de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente en obra es positivo.

Ho: El efecto de la aplicación de cloruro de calcio para el control de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente en obra es negativo.

### 1.7.2 Hipótesis Específicas

- Hi: el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será positiva  
Ho: el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será negativa
- Hi: la influencia de la interacción  $2b_2$  y  $a_1b_2$  en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será positiva  
Ho: la influencia de la interacción  $2b_2$  y  $a_1b_2$  en la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será negativa
- Hi: Existe dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra y las variables climáticas  
Ho: No existe dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a  $10\mu\text{m}$  generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra y las variables climáticas

## 1.8 Variables

### 1.8.1 Variable independiente. -

Métodos de aplicación: aspersión y caudal reducido Con 2 tipos de dosis

Tipos de dosis

### 1.8.2 Variable dependiente. -

Control de partículas menores de 10µm

## 1.9 Operacionalización de variables

| VARIABLES   |                | INDICADORES                                   | VALORES FINALES   | TIPO DE VARIABLE | TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN     |
|---|----------------|---|-------------------|------------------|--|
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>                         |                |   |                   |                  |  |
| Métodos de aplicación:<br>aspersión y caudal reducido | Tipos de dosis | Tipo de dosis<br>1/3 cloruro de calcio        | Kg/l              | Continua         | Dosificación gravimétrica/<br>balanza    |
|   |                | Tipo de dosis<br>2/3 cloruro de calcio        | Kg/l              | Continua         | Dosificación gravimétrica/<br>balanza    |
|   |                | Agua pura                                     | l/m <sup>3</sup>  | Continua         | Método de aspersión                      |
|   |                | Sin aplicación                                | -                 | .                | Método de aspersión y<br>caudal reducido |
| <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>                           |                |   |                   |                  |  |
| Control de partículas menores a 10µm                  |                | Partículas menores a 10µm (PM <sub>10</sub> ) | µg/m <sup>3</sup> | Continua         | gravimétrica/<br>balanza analítica       |

### 1.10 Definición de términos operacionales

**Obras civiles.** - Es una cosa producida o hecha por una persona o un grupo de personas. Realizadas artificialmente con diversos propósitos. Diseñados, planificados y ejecutados en diferentes espacios, tamaños y formas, en la mayoría de los casos para habitarlas o usarlas como espacios de resguardo, necesitando invertir cierta cantidad de tiempo, capital y material en su realización.

**Cloruro de calcio.** - O cloruro cálcico; es un compuesto químico, inorgánico, mineral y da una coloración naranja-roja a la llama. Sólido inodoro, blanco y cristalino que es altamente soluble en agua. Un tipo de sal, este químico es higroscópico, lo que significa que puede atraer y absorber moléculas de agua de su entorno. El cloruro de calcio tiene una variedad de aplicaciones y puede conducir a riesgos potenciales para la salud si se maneja inadecuadamente.

Cuya fórmula es:  $\text{CaCl}_2$

Masa molar: 110.98 g/mol

Denominación de la IUPAC: *Calcium chloride*

Punto de fusión: 772 °C

Densidad: 2.15 g/cm<sup>3</sup>

Soluble en: Agua, Ácido acético, Acetona.

**Partículas en suspensión menores a 10µm.** - Las partículas en suspensión (total de partículas suspendidas: TPS) (o material particulado) son una serie de diminutos cuerpos sólidos o de gotitas de líquidos dispersos en la atmósfera. Son generadas a partir de alguna actividad antropogénica (causada por «el hombre»), Las partículas contaminantes no son idénticas física y

químicamente, sino que más bien están constituidas por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. Algunas son nocivas para la salud, alteran las propiedades de la atmósfera ante la luz solar o reducen la visibilidad.

Afecta sobre el equilibrio de la radiación terrestre y son nocivos sobre la salud. Las partículas penetran en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire, lo que provoca efectos dañinos. Aunque pocas de las partículas suspendidas en el aire son de forma exactamente esférica, es conveniente y convencional considerar que todas ellas lo fueran. El diámetro mayor de las partículas es su propiedad más importante.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes

#### A) Antecedentes Internacionales

a) Alejandro Eliash (2018) afirma que “Toda faena minera o de construcción requiere de ciertos procesos para mitigar las emisiones de material particulado, compuesto principalmente por polvo y otras partículas de diverso origen”.

Sin duda, esta emisión es inherente a la actividad de la construcción y se genera de manera temporal, en faenas de demolición masiva; o puntual, como movimientos de tierra (excavación y carga), transporte de materiales y residuos, y trabajos de corte y pulido.

b) La Gerencia de Estudios de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), quien añade que resulta importante controlar, prevenir y minimizar dicha emisión de material particulado en la fuente, mediante un conjunto de disposiciones enfocadas en la capacitación del personal y la aplicación de medidas de mitigación.

... el uso de mallas protectoras, tanto en el perímetro de la obra como en fachadas y vanos, evitando emisiones hacia el entorno.

Asimismo, dice que es esencial cubrir acopios de material granular con lonas de plástico o textil hasta su retiro y minimizar la permanencia de éstos en la obra.

También es fundamental cubrir la tolva de los camiones durante el transporte de materiales o escombros, restringir la velocidad de circulación de vehículos al interior de la obra, humedecer caminos no pavimentados y residuos evacuados desde altura, realizar faenas de corte o pulido en recintos cerrados y utilizar en el caso de corte de ladrillos baldosas o similares, cortadoras que incorporen agua o dispositivos de almacenamiento de polvo.

...existen tecnologías que contribuyen a controlar y minimizar las emisiones de material particulado en las obras. "Éstas se han desarrollado principalmente en el ámbito de las maquinarias y equipos generadores de gases de combustión, los cuales han mejorado su eficiencia"...

"A su vez, en el mercado se encuentra disponible una gran cantidad de herramientas y equipos que utilizan filtros, dispositivos de almacenamiento de polvo y/o incorporan agua para minimizar las emisiones, como también equipos de monitoreo que permiten realizar un control permanente de las emisiones de material particulado en suspensión, que puede encontrarse presente en una obra".

- c)** Rivera, Botasso, Alderete y Celi (2014) afirma que "Una causa importante de accidentes en vías no pavimentadas de segundo o tercer orden, reside en una inadecuada visibilidad ocasionada por el polvo en suspensión por la

circulación vehicular, trayendo aparejado un daño ambiental significativo sobre las personas, animales y vegetales de su entorno, y un desgaste permanente por pérdida de material aportado y necesidad de mayor conservación. Para disminuir este problema existen en el mercado productos de variados orígenes, con presentaciones y formas de aplicación del más amplio espectro, los cuales han demostrado resultado dispar, dado sus ámbitos de aplicación acotados en cuanto a las tipologías de suelos, comúnmente no coincidente entre unos y otros. Por ello, la selección del paliativo y su dosis para cada caso sobre la base empírica resultan desaconsejable, recomendándose recurrir a ensayos de laboratorio que cuantifiquen la acción para cada combinación de suelo/producto/dosis en particular. Con un fin similar existen ensayos aplicables, pero que, por ser originalmente pensados para otras aplicaciones, resultan excesivamente complejos para el bajo grado de rigurosidad necesario dadas las categorías de las vías implicadas, por lo que requieren adaptaciones para su simplificación de empleo”.

## **B) Antecedentes Nacionales**

- a) López (2012) afirma que “En el Perú se está exigiendo que toda actividad productiva, y especialmente los proyectos viales, para ser aprobados tienen que incluir un estudio de impacto ambiental. En este contexto las empresas mineras, para cumplir con los programas medio ambientales y minimizar la generación de polvo en sus vías de acceso y de explotación, emplean numerosos equipos y grandes cantidades de agua para el riego y mantenimiento de las carreteras.

La propuesta adoptada por los funcionarios de la empresa minera, inicialmente tomada como un tratamiento para la disminución de polvo, no solo redujo este tipo de contaminación, sino que lo anuló totalmente y además, en la época de invierno, eliminó la formación de lodo... esta alternativa no impacta sobre el medio ambiente dado que el producto empleado es altamente ecológico, constituyéndose además en una operación de bajo costo.

- Evitar la generación de polvo y lodo aplicando mejoras en la superficie de rodadura para otorgarle un mayor beneficio y evitar que los propios trabajadores de la empresa, que diariamente se desplazan sobre ella así como los habitantes del entorno, sufran la consecuencia de la acumulación perniciosa e irreversible de polvo en sus pulmones.
- Aplicar una solución básica que permita otorgar mejores condiciones de tránsito a los usuarios y una mejor calidad de vida a los habitantes colindantes a la misma.
- Reducir los costos de mantenimiento debido a la aplicación de esta tecnología.
- Fortalecer los conocimientos técnicos y propiciar la investigación en este campo al equipo de ingenieros de la empresa minera.

Celi (2012) Afirma que “La supresión del polvo en el aire resulta una problemática esencial no sólo en el campo de la tecnología de los materiales sino también en la seguridad vial, rendimientos de cultivos, cuestiones ambientales y aspectos económicos. La idea de contar con alguna técnica que permita mantener la superficie sin necesidad de

recurrir a horas de maquinaria vial, para restituir el perfil de la misma, ha permitido evolucionar en diferentes productos, que actúan cambiando la tensión superficial de las partículas de suelo con las sales o, en el caso de los compuestos orgánicos complejos, produciendo diferentes reacciones químicas”

## **2.2. Bases teóricas**

### **a) Partículas en Suspensión:**

Las partículas suspendidas (PM, por sus siglas en inglés) forman una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos suspendidos en el aire, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo fundamentalmente de su origen. El tamaño de las partículas suspendidas varía desde 0.005 hasta 100 micras de diámetro aerodinámico; esto es, desde unos cuantos átomos hasta aproximadamente el grosor de un cabello humano. Las partículas pueden tener un origen natural (como la polinización de las plantas, procesos geológicos e incendios forestales), y también antropogénico (que puede incluir desde la quema de combustibles hasta la fertilización de campos agrícolas). Las partículas pueden ser directamente emitidas de la fuente, las llamadas partículas primarias, o bien formarse en la atmósfera cuando en ésta reaccionan algunas sustancias (óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, amoníaco, compuestos orgánicos, etc.), siendo consideradas partículas secundarias. (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, 2006).

### **b) Partículas en suspensión y los efectos en la salud:**

En términos de sus efectos en la salud, se sabe que entre más pequeñas sean las partículas, pueden penetrar con mayor facilidad hasta el interior de los pulmones, con posibles efectos tóxicos debido a sus características fisicoquímicas. Las PM10 pueden entrar directamente al aparato respiratorio y depositarse en sus diferentes regiones, mientras que las PM2.5 pueden llegar a la región alveolar. Las partículas suspendidas son capaces de interferir con uno o más mecanismos de defensa del aparato respiratorio, o actuar como vehículo de sustancias tóxicas absorbidas o adheridas a la superficie de la partícula. En varios estudios llevados a cabo en Estados Unidos y en Europa, se ha encontrado que la exposición prolongada a las partículas finas aumenta el riesgo de mortalidad por cáncer pulmonar y enfermedades cardiopulmonares (Pope et al., 2002 y Dockery et al., 1993).

**c) Contaminación atmosférica:**

La contaminación atmosférica es la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y los demás seres vivos.

Aunque puede ocurrir por causas naturales, como las erupciones volcánicas, los incendios forestales no provocados o la actividad de algunos seres vivos, la mayor parte de la contaminación actual (la más constante y dañina) se debe a las actividades del ser humano, sobre todo a los procesos industriales y a la quema de combustibles fósiles (Caselli, 1992)

**d) Calidad del aire y la salud:**

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, bien sea en los países desarrollados o en los países en desarrollo.

La OMS estima que un 72% de las defunciones prematuras relacionadas con la contaminación del aire exterior en 2012 se debieron a cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular, mientras que un 14% se debieron a neumopatía obstructiva crónica o infección aguda de las vías respiratorias inferiores, y un 14% a cáncer de pulmón.

Una evaluación de 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el cáncer de pulmón. También se ha observado una relación entre la contaminación del aire exterior y el aumento del cáncer de vías urinarias y vejiga.

Según estimaciones de 2012, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3 millones de defunciones prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a pequeñas partículas de 10 micrones de diámetro (PM<sub>10</sub>) o menos, que pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer.

Los habitantes de países de ingresos bajos y medianos sufren desproporcionadamente la carga de morbilidad derivada de la contaminación del aire exterior, lo que se constata por el hecho de que el 87%, de los 3 millones de defunciones prematuras, se producen en esos países, y la mayor carga de morbilidad se registra en las regiones del Pacífico Occidental y el Asia Sudoriental de la OMS. Las últimas estimaciones de la carga de morbilidad reflejan el importantísimo papel que cabe a la contaminación del aire en las

cardiopatías y las defunciones prematuras; mucho más de lo que creían los científicos anteriormente.

La mayoría de las fuentes de contaminación del aire exterior están más allá del control de las personas, y requieren medidas por parte de las ciudades, así como de las instancias normativas nacionales e internacionales en sectores tales como transporte, gestión de residuos energéticos, construcción y agricultura (Organización Mundial de la Salud, 2016).

**e) PM-10 y la contaminación ambiental:** (del inglés *Particulate Matter*)

Pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo cenizas hollín, partículas metálicas, cemento o polen dispersas en la atmosfera, y cuyo diámetro es menor que 10  $\mu\text{m}$  (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín).

La contaminación atmosférica por material particulado es la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre (Vargas, 2011)

**f) PM-2.5 y la salud:**

Los efectos que las partículas causan en la salud de las personas han estado históricamente asociados a la exacerbación de enfermedades de tipo respiratorio, tales como la bronquitis, y más recientemente también se han analizado y demostrado sus efectos sobre dolencias de tipo cardiovascular. Los

últimos trabajos científicos sugieren que este tipo de contaminación, y particularmente las partículas procedentes del tráfico urbano, está asociado con incrementos en la morbi-mortalidad de la población expuesta y al creciente desarrollo del asma y alergias entre la población infantil. En el caso de las PM<sub>2,5</sub>, su tamaño hace que sean 100% respirables ya que viajan profundamente en los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares, incluso pueden llegar al torrente sanguíneo. Además, estas partículas de menor tamaño están compuestas por elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos) que los que componen, en general, las partículas más grandes.

Todo ello hace que la evidencia científica esté revelando que estas partículas PM<sub>2,5</sub> tienen efectos más severos sobre la salud que las más grandes, PM<sub>10</sub>. Asimismo, su tamaño hace que sean más ligeras y por eso, generalmente, permanecen por más tiempo en el aire. Ello no sólo prolonga sus efectos, sino que facilita su transporte por el viento a grandes distancias.

Las partículas PM<sub>2,5</sub>, por tanto, se pueden acumular en el sistema respiratorio y están asociadas, cada vez con mayor consistencia científica, con numerosos efectos negativos sobre la salud, como el aumento de las enfermedades respiratorias y la disminución del funcionamiento pulmonar. Los grupos más sensibles –niños, ancianos y personas con padecimientos respiratorios y cardiacos– corren más riesgo de padecer los efectos negativos de este contaminante. (El ecologista, 2008).

**g) Operaciones TPS:**

El material particulado es una mezcla compleja de componentes con características físicas y químicas muy diversas que están determinadas por los mecanismos de su génesis (1,5,6) Este aerosol se forma a partir de partículas directamente emitidas a la atmósfera (particulado primario) o aquellas que se forman a partir de procesos de conversión gaspartículas (particulado secundario). Actualmente se reconocen al menos dos modos: el particulado fino y el particulado grueso que son evidentes en la distribución bimodal de la masa de partículas en función del tamaño. El particulado fino a su vez comprende al particulado ultrafino con diámetro aerodinámico menor a 0.1 micrón (que a su vez comprende el modo de nucleación y el modo de Aitken) y que constituyen en número la mayor parte de las partículas y el particulado de acumulación que representa el particulado por que va de 0.1 a 1 micrones y que se forma a partir de procesos de coagulación o condensación de ultrafino. A través de procesos de hidratación la masa de estas partículas puede crecer hasta 5 veces más. Ambas fracciones provienen predominantemente de procesos de combustión. Por último, el particulado grueso habitualmente equivalente a más de 2.5 micrones de diámetro aerodinámico y que proviene predominantemente de procesos mecánicos de ruptura de sólidos. Como la energía para este proceso de ruptura aumenta conforme las partículas disminuyen en tamaño un límite natural para este particulado es de 1 micrón Podemos apreciar que estrictamente hay un rango de superposición entre ambos modos entre 1 y 3 micrones. Desde el punto de vista operacional la medición del componente de la fracción gruesa importante para la salud comprende aquellas partículas que

pueden ser inhaladas, es decir que penetren el árbol respiratorio más allá de la laringe. Por tal razón las partículas en el rango entre 2.5 y 10 micrones se conocen como la fracción torácica gruesa o PM10-2.5 y la menor a 2,5 micras de diámetro aerodinámico como fracción respirable ya que es capaz de llegar al alvéolo y eventualmente entrar al torrente circulatorio (proceso conocido como translocación y propio de la fracción ultrafina, en el cuál las partículas podrían llegar a otros órganos incluido el SNC). En realidad, el límite de 10  $\mu$  para el particulado torácico corresponde a un límite apoyado por estudios dosimétricos. Sin embargo, el límite de 2.5 $\mu$  se decidió en consideración a las limitaciones técnicas de los monitores en el momento que se implementó tal clasificación. Hay consenso que hasta 4 $\mu$  es posible que partículas lleguen a nivel de la interfase alvéolo capilar. El particulado grueso comprende las partículas de origen natural y también de origen antropogénico (Vargas, 2011)

### 2.3. Bases conceptuales

- a) **Tratamiento:** Hace referencia a la forma o los medios que se utilizan para llegar a la esencia de algo, bien porque ésta no se conozca o porque se encuentra alterada por otros elementos
- b) **Paliativo:** Dicho especialmente de algún determinado tratamiento o remedio: que tiene como finalidad mitigar, suavizar o atenuar el dolor de un enfermo.
- c) **PM10** (*partículas gruesas o de diámetro aerodinámico = 10  $\mu$ m*) suelen tener un importante componente de tipo natural, siendo contaminantes básicamente primarios que se generan por procesos mecánicos o de evaporación: minerales locales o transportados, aerosol marino, partículas biológicas (restos vegetales) y partículas primarias derivadas de procesos industriales o del tráfico (asfalto

erosionado y restos de neumáticos y frenos generados por abrasión); de entre los pocos contaminantes secundarios que entran a formar parte de su estructura destacan los nitratos.

- d) PM<sub>2.5</sub>** (*partículas finas o de diámetro aerodinámico = 2,5 μm*) su composición es más tóxica, ya que su principal origen es antropogénico, especialmente las emisiones de los vehículos diesel, estando fundamentalmente formadas por partículas secundarias: nitratos y sulfatos (originados por oxidación de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>), aerosoles orgánicos secundarios, como el peroxiacetil nitrato (PAN) y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. **Ámbito**

El presente estudio se realizó en la provincia de Yarowilca que es una de las once que conforman el departamento de Huánuco en el Perú. Limita por el Norte y por el Oeste con la provincia de Dos de Mayo, por el Este con la provincia de Huánuco y por el Sur con la provincia de Lauricocha.

Su territorio se emplaza en su mayor parte sobre el conjunto cordillerano de la cadena central andina norteña, con lo cual la altitud promedio es de 3800 msnm desde los 3,100 que corresponde a los márgenes del río Marañón pasando por 3,500 msnm que corresponde al poblado de Chavinillo hasta 4,680 msnm en las cumbres, abarcando las regiones naturales: quechua, suni y puna.

#### 3.2. **Población**

La población motivo de esta investigación es conformada por el total de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de material excedente transportado.

### 3.3. Muestra

Para la presente investigación se empleó el método de muestreo **No Probabilístico Intencional** en el cual se utilizó nuestro **Criterio** para escoger el proceso constructivo donde se aplicó nuestra investigación.

Para el estudio se trabajó 60m<sup>3</sup> que se encuentran en el acopio de material excedente, los cuales fueron cargados en volquetes de capacidad de 10m<sup>3</sup>, contando así 6 veces la carga y descarga del material excedente.

### 3.4. Nivel y tipo de estudio

SEGÚN LA INTERVENCIÓN DEL INVESTIGADOR: El presente estudio es “EXPERIMENTAL”, ya que se cuenta con la intervención del investigador al realizar los monitoreos para la obtención de datos en campo para luego ser procesados en gabinete.

SEGÚN LA PLANIFICACIÓN DE TOMA DE DATOS: El presente estudio es “PROSPECTIVO”, ya que los datos necesarios para el estudio fueron recogidos a propósito para la investigación, el investigador intervino para la recolección de datos.

SEGÚN EL NÚMERO DE MEDICIONES DE LA VARIABLE DE ESTUDIO: El presente estudio es “LONGITUDINAL”, ya que las variables fueron medidas en más de una ocasión y se realizaron intervención experimental y acontecimientos observacionales.

SEGÚN EL NÚMERO DE VARIABLES DE INTERÉS: El presente estudio es “ANALÍTICO”, ya que el presente estudio cuenta con dos variables, plantea y pone a prueba hipótesis y establece relación entre sus factores.

### 3.5. Diseño de investigación

Por la naturaleza del problema, el tipo de investigación adoptado es **EXPERIMENTAL**, bajo el Diseño Completamente al Azar (DCA), ya que se cuenta con la intervención del investigador cuando se realizó los monitoreos para la obtención de datos en campo para luego ser procesados en gabinete. Según la tipología del diseño experimental **FACTORIAL**, cuyo diseño consta de dos factores, cada uno de los cuales, con distintos valores o niveles, cuyas unidades experimentales cubren todas las posibles combinaciones de esos niveles en todo el factor.

En el presente estudio contamos con 2 métodos de aplicación y 4 tipos de dosis, para los cuales se realizó 3 repeticiones de dosis para cada método de aplicación, obteniendo así 24 unidades experimentales

#### Esquema

##### Modelo Aditivo Lineal (MAL)

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta\gamma)_{ijm} + \epsilon_{ijk}$$

##### Para:

$i = 1, 2, 3, \dots, p$  (Momento de aplicación)

$j = 1, 2, 3, \dots, q$  (Método de aplicación)

$k = 1, 2, 3, \dots, r_{ij}$  (repetición)

##### Donde:

$Y_{ijk}$  = es el valor o rendimiento observado con el  $i$ -ésimo nivel del factor A,  $j$ -ésimo nivel del factor B,  $k$ -ésima repetición.

$\mu$  = es el efecto de la media general.

$\alpha_i$  = es el efecto del i-ésimo nivel del factor A.

$\beta_j$  = es el efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijm}$  = es el efecto de la interacción en el i-ésimo nivel del factor A y j-ésimo nivel del factor B

$\epsilon_{ijmk}$  = Es el efecto del error experimental en el i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, k-ésimo repetición

$p = 2$  número de los niveles del factor A

b1: Por aspersion

b2: Caudal reducido

$q = 4$  es el número de los niveles del factor B

c1: 1/3 de cloruro de calcio

c2: 2/3 de cloruro de calcio

c3: Agua pura

c4: testigo

### Esquema del análisis de varianza

| Fuente de Variación (F.V.)            | Grados de Libertad (GL) |
|---------------------------------------|-------------------------|
| $A (p - 1)$                           | 1                       |
| $B (q - 1)$                           | 3                       |
| $AB (p - 1) (q - 1)$                  | 3                       |
| Error experimental $pq(r - 1)$        | 16                      |
| <b>TOTAL ( <math>pqr - 1</math> )</b> | <b>23</b>               |

### 3.6. Técnicas e instrumentos

Para conocer la eficiencia del tratamiento paliativo se debe de conocer la cantidad de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  generado en el proceso de carga y descarga de material excedente y luego de la aplicación también se registró la cantidad de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$ , para luego ser comparados los resultados y conocer el grado de su eficiencia.

#### Técnicas de recolección de datos

- a) Reconocimiento y distribución del área a monitorear
  - ✓ Se realizó el reconocimiento del área donde se llevó a cabo el monitoreo y se describió las características del entorno, dirección del viento y temperatura.
  - ✓ Para la recolección de datos se monitoreó en el punto de carga del material excedente y en el punto de descarga (DME).
  - ✓ Se midió la dirección del viento y la temperatura.
  - ✓ Se realizó la aplicación del paliativo en el proceso de carga tanto al montículo como cuando el material se encuentre en volquete.

#### Definición Operativa del Instrumento de Recolección de Datos

- ANEMÓMETRO PORTÁTIL: Este aparato meteorológico de especie de diminuto molino de tres aspas con cazoletas sobre las cuales actúa la fuerza del viento; el número de vueltas puede ser leído directamente en un contador o registrado digitalmente, este fue usado para medir la velocidad y dirección del viento en el área de estudio.

- **TERMÓMETRO AMBIENTAL:** Este aparato se utilizó para medir la temperatura, ya que a más temperatura tendremos mayor evaporación y deshidratación del material, conllevando así que este sea menos pesado y más fácil de ser movido por los vientos.
- **MUESTREADOR DE PARTICULAS:** Este aparato sirvió para muestreos de PM<sub>10</sub>, y conocer la cantidad de estas partículas y conocer la eficiencia del tratamiento.

### **3.7. Validación y confiabilidad**

Se trabajó con equipos calibrados, y certificados por instituciones acreditadas como indica la norma, a mérito de ello tenemos la documentación requerida y necesaria, para su validación y confiabilidad.

### **3.8. Procedimiento**

#### **a) Reconocimiento y distribución del área a monitorear**

Se realizó el reconocimiento del área donde se llevó a cabo el monitoreo y se describió las características del entorno, dirección del viento y temperatura.

#### **b) Instalación de equipos de monitoreo**

Se instalaron los equipos de monitoreo de partículas el PARTISOL 2000 y la estación meteorológica VANTAGE PRO 2 PLUS a una distancia de 20 m, estas fueron instaladas en el área de carga y en el área de descarga.

**c)** Se monitoreó con el método de aplicación por aspersion y por caudal reducido cada uno de estos con dosis de tipo: 1/3 (33.5 kg de Cloruro de Calcio/100 gl de H<sub>2</sub>O), 2/3 (67 kg de Cloruro de Calcio/100 gl de H<sub>2</sub>O) y agua

pura; a su vez también se monitoreó un testigo sin la aplicación de ningún método de aplicación.

**d)** Los resultados fueron anotados en cuadernos de campo, para luego ser plasmado correctamente en el trabajo realizado en gabinete.

### **3.9. Tabulación**

Luego de haber realizado el monitoreo correctamente, los datos recolectados en campo fueron plasmados en tablas y gráficos debidamente ordenados para luego de analizarlos plasmarlos en los resultados y discusión de estos

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

Los datos de campo obtenidos de las variables observadas fueron ordenados y procesados de acuerdo a la técnica del Análisis de Variancia. Las interacciones que son significativas se procedieron a determinar el análisis de varianza de efectos simples para establecer la significación en los niveles de los factores.

Para establecer la significación entre las fuentes de variación se utilizó la Prueba de F, a los niveles del 0.05 y 0.01 de probabilidades, a fin de establecer las diferencias significativas entre bloques y tratamientos, donde los parámetros que son iguales se denota con (ns), quienes tienen significación (\*) y altamente significativos (\*\*).

A fin de determinar las diferencias estadísticas entre los promedios y la superioridad de los mismos, se empleó la Prueba de Tukey en los niveles de significación del 5 % de margen de error.

Para la interpretación de los resultados de la Prueba de Tukey se tomó en cuenta los siguientes: es primero, los tratamientos que tienen la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas; mientras que aquellos que no muestren la misma letra, indican que son diferentes estadísticamente.

Para determinar la dependencia y correlación entre la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  se efectuó un análisis de varianza de regresión, y determinar las gráficas correspondientes.

## 4.2. ANÁLISIS INFERENCIAL Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

### 4.2.1. Concentración de partículas menor a 10 $\mu\text{m}$

#### 4.2.1.1. En la carga del material excedente de obra

**Cuadro 1.** Análisis de varianza para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra.

| Fuentes de variación | gl        | SC             | CM      | Fcal      | Significación |      |
|----------------------|-----------|----------------|---------|-----------|---------------|------|
|                      |           |                |         |           | 95%           | 99%  |
| A                    | 1         | 660.35         | 660.35  | 675.84**  | 4.15          | 7.50 |
| B                    | 3         | 3554.60        | 1184.87 | 1212.65** | 4.15          | 7.50 |
| AB                   | 3         | 230.23         | 76.74   | 78.54**   | 4.15          | 7.50 |
| Error Exp.           | 16        | 15.63          | 0.98    |           |               |      |
| <b>Total</b>         | <b>23</b> | <b>4797.63</b> |         |           |               |      |

**cv = 3.03%**

El Análisis de varianza realizado en el Cuadro 1, se consigna alta significación estadística al 95 y 99% de confiabilidad en los factores A, B y la interacción AB, es decir que produjeron efecto sobre la variable concentración de partículas en la carga del material excedente de obra. El coeficiente de variabilidad registró

un valor excelente de 3.03%, el cual es aceptable dando fiabilidad al análisis estadístico.

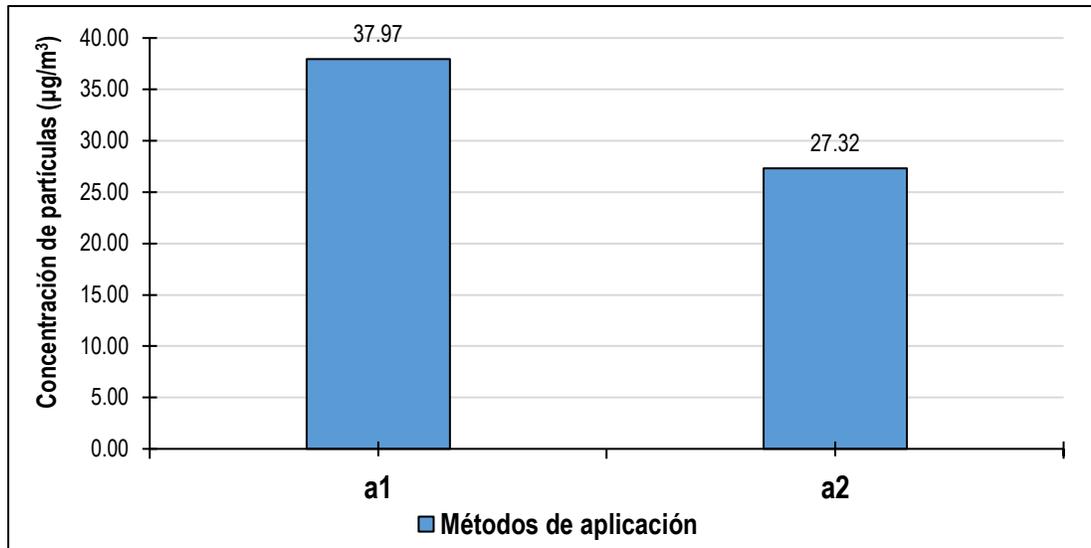
**Cuadro 2.** Prueba de Tukey de los métodos de aplicación y los tipos de dosis para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra.

| OM  | Tratamientos | Promedio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Signif. ( $\alpha = 0.05$ ) |
|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b><i>Efecto principal de los métodos de aplicación</i></b> |              |                                       |                             |
| 1   | a2           | 27.32                                 | a                           |
| 2   | a1           | 37.97                                 | b                           |
| <b><i>Efecto principal de los tipos de dosis</i></b>        |              |                                       |                             |
| 1   | b2           | 21.25                                 | a                           |
| 2   | b1           | 26.16                                 | b                           |
| 3   | b3           | 29.08                                 | c                           |
| 4   | b4           | 54.10                                 | d                           |

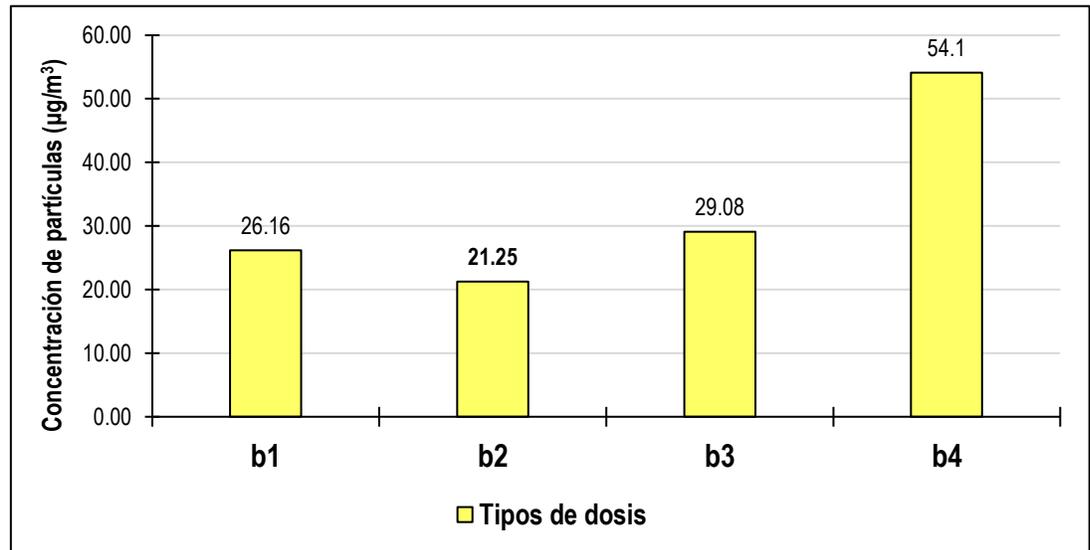
$S\bar{x} = \pm 0.57$

La Prueba de Tuckey al 0.05 de margen de error realizada en el Cuadro 2 para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra, indica que para el efecto principal del factor A (métodos de aplicación), el nivel a2 (método caudal reducido) obtuvo un mejor comportamiento que el nivel a1, al presentar el menor número de partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  ( $27.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Figura 1).

Para el efecto principal B (tipos de dosis) los niveles de este factor tienen un comportamiento diferente, donde cada nivel difiere del otro demostrando un efecto diferente sobre la variable. Por otro lado, el efecto del nivel b2 (2/3 de cloruro de calcio) es el que menor concentración de partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  al presentar  $21.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Figura 2).



**Figura 1.** Medias del efecto principal A (métodos de aplicación) en la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  en la carga del material excedente en obra.

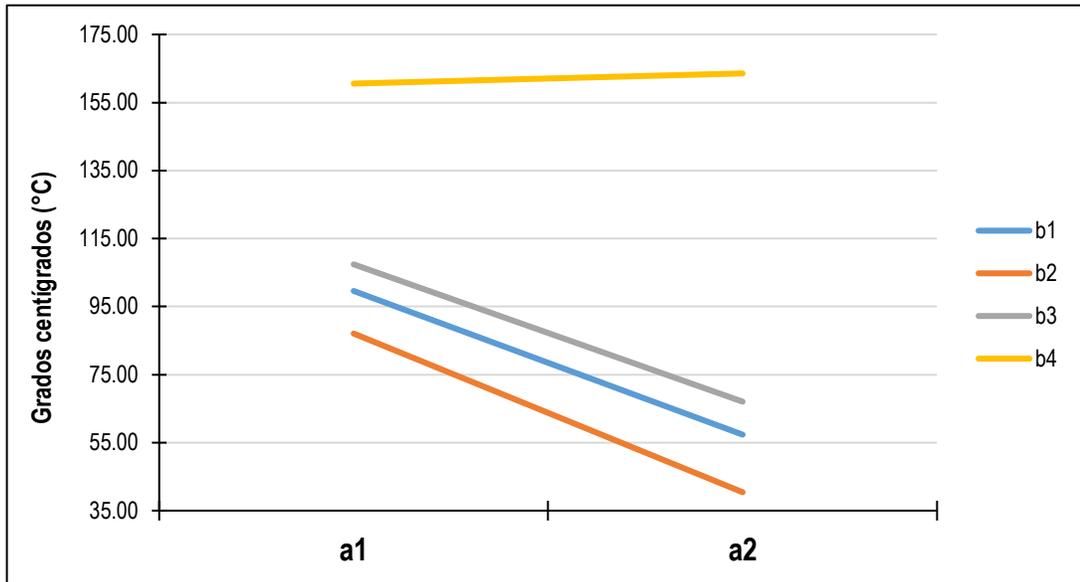


**Figura 2.** Medias del efecto principal B (tipos de dosis) en la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  en la carga del material excedente en obra.

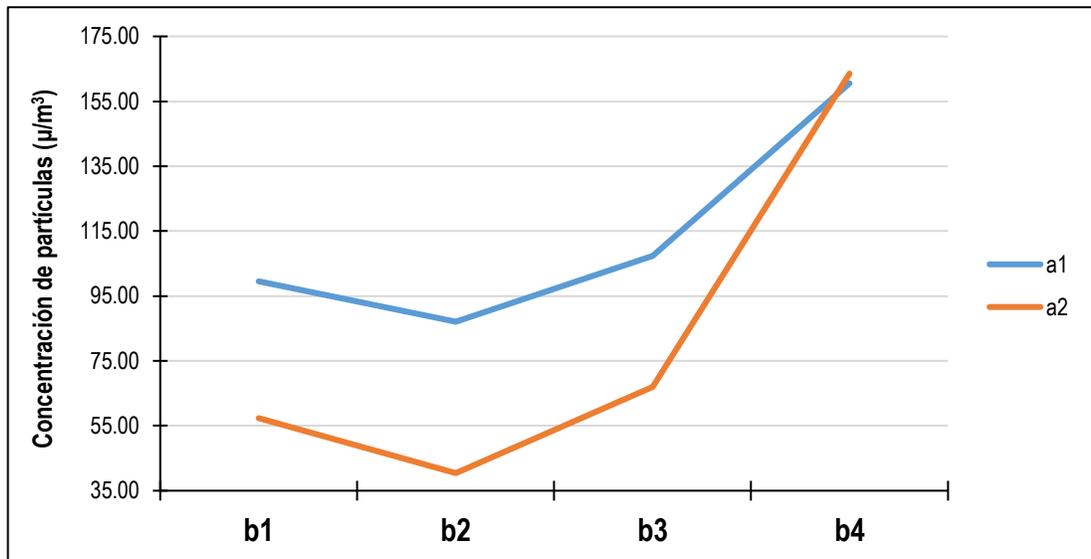
**Cuadro 3.** Análisis de varianza de los efectos simples para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra.

| Fuentes de variación                    | gl        | SC           | CM          | Fc                   | Significación |      |
|---|-----------|--------------|-------------|----------------------|---------------|------|
|   |           |              |             |                      | 95%           | 99%  |
| <b><i>Efectos simples de A en B</i></b> |           |              |             |                      |               |      |
| A en b1                                 | 1         | 297.51       | 111.0       | 19.0**               | 4.15          | 7.50 |
| A en b2                                 | 1         | 362.86       | 135.43      | 23.22**              | 4.15          | 7.50 |
| A en b3                                 | 1         | 271.76       | 101.43      | 17.39**              | 4.15          | 7.50 |
| A en b4                                 | 1         | 1.49         | 0.56        | 0.10 <sup>n.s.</sup> | 4.15          | 7.50 |
| <b><i>Efectos simples de B en A</i></b> |           |              |             |                      |               |      |
| B en a1                                 | 3         | 1047.85      | 349.28      | 22.35**              | 2.31          | 3.26 |
| B en a2                                 | 3         | 3070.67      | 1023.56     | 65.49**              | 2.31          | 3.26 |
| <b>Error</b>                            | <b>16</b> | <b>15.63</b> | <b>0.98</b> |                      |               |      |

Debido a la significación de la interacción AB se presenta en el Cuadro 3 el Análisis de Varianza de los efectos simples para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra, el cual indica que la variabilidad existente de la interacción AB es explicada cuando el factor A es influenciado por los niveles b1, b2, b3 y cuando el factor B es influenciado por los niveles a1 y a2 al 95 y 99% de confianza.



**Figura 3.** Efecto de los métodos de aplicación x tipos de dosis en la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  al momento de la carga de material excedente.



**Figura 4.** Efecto de los tipos de dosis x métodos de aplicación en la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  al momento de la carga de material excedente.

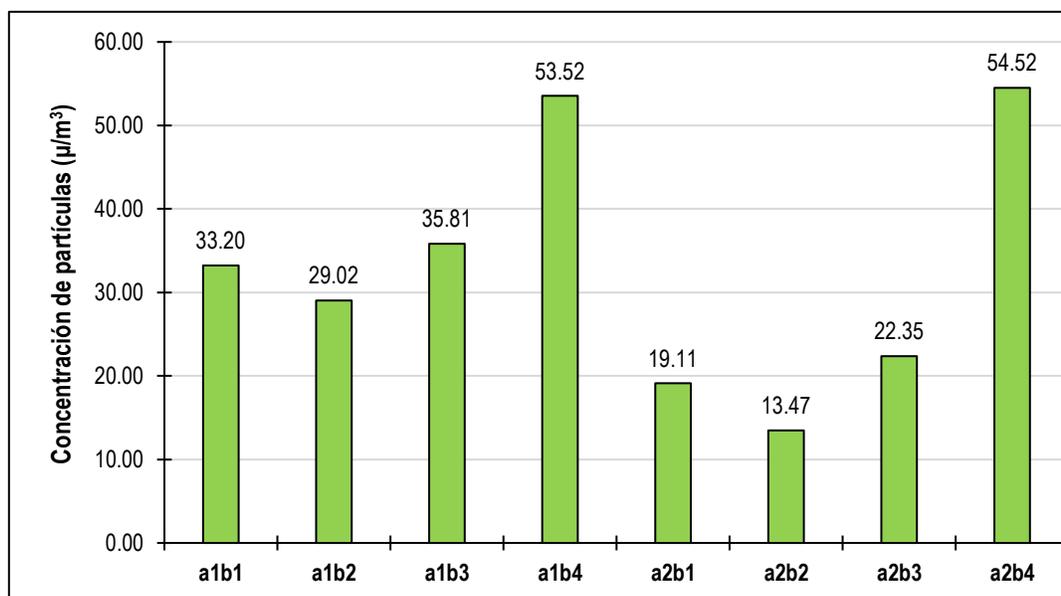
Las Figuras 3 y 4 expresan el resultado del Cuadro 3, donde se evidencia que los métodos de aplicación tienen efecto alguno sobre la concentración de partículas en la carga del material excedente de obra cuando se aplican los tipos de dosis b1 (1/3 de cloruro de calcio), b2 (2/3 de cloruro de calcio) y b3 (agua pura). Por otra parte, las dosis de aplicación del cloruro no tienen efecto alguno sobre los métodos de aplicación b4 (sin aplicación), pero si al utilizarse el método a1 y a2.

**Cuadro 4.** Prueba de Tukey de la interacción AB para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra

| OM  | Tratamientos | Promedio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Signif. ( $\alpha = 0.05$ ) |
|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <i>Efecto de la interacción AB (métodos de aplicación x Tipos de dosis)</i> |              |                                       |                             |
| 1   | a2b2         | 13.47                                 | a                           |
| 2   | a2b1         | 19.11                                 | b                           |
| 3   | a2b3         | 22.35                                 | c                           |
| 4   | a1b2         | 20.02                                 | d                           |
| 5   | a1b1         | 33.20                                 | e                           |
| 6   | a1b3         | 35.81                                 | e                           |
| 7   | a1b4         | 53.86                                 | f                           |
| 8   | a2b4         | 54.34                                 | f                           |

$S\bar{x} = \pm 0.57$

La Prueba de Tukey realizada en el Cuadro 4, muestra que las interacciones del 1 al 4to lugar del OM difieren estadísticamente entre si interacción, del que destaca a2b2 (método caudal reducido x dosis 2/3 de cloruro de calcio) al reportar la menor concentración de partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  ( $13.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sin embargo, las interacciones a2b4 y a1b4 producen el mismo efecto al igual que en a1b3 y a1b1, tal como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5.** Medias de las interacciones AB en la concentración de partículas menores a 10 µm al momento de la carga de material excedente.

#### 4.2.1.2. En la descarga del material excedente de obra

**Cuadro 5.** Análisis de varianza para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra.

| Fuentes de variación | gl        | SC             | CM      | Fcal      | Significación |      |
|----------------------|-----------|----------------|---------|-----------|---------------|------|
|                      |           |                |         |           | 95%           | 99%  |
| A                    | 1         | 662.42         | 662.42  | 885.02**  | 4.15          | 7.50 |
| B                    | 3         | 3520.83        | 1173.61 | 1567.99** | 4.15          | 7.50 |
| AB                   | 3         | 259.88         | 86.63   | 115.74**  | 4.15          | 7.50 |
| Error Exp.           | 16        | 11.98          | 0.75    |           |               |      |
| <b>Total</b>         | <b>23</b> | <b>4780.02</b> |         |           |               |      |

**cv= 2.39%**

En el Cuadro 5 se observa el Análisis de Varianza para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra, donde indica que hubo alta significación estadística en ambos niveles de confiabilidad en el efecto principal A (métodos de aplicación), B (tipos de dosis), y en la interacción. El coeficiente de variabilidad registró un valor excelente de 2.39% el cual denota precisión en el análisis estadístico.

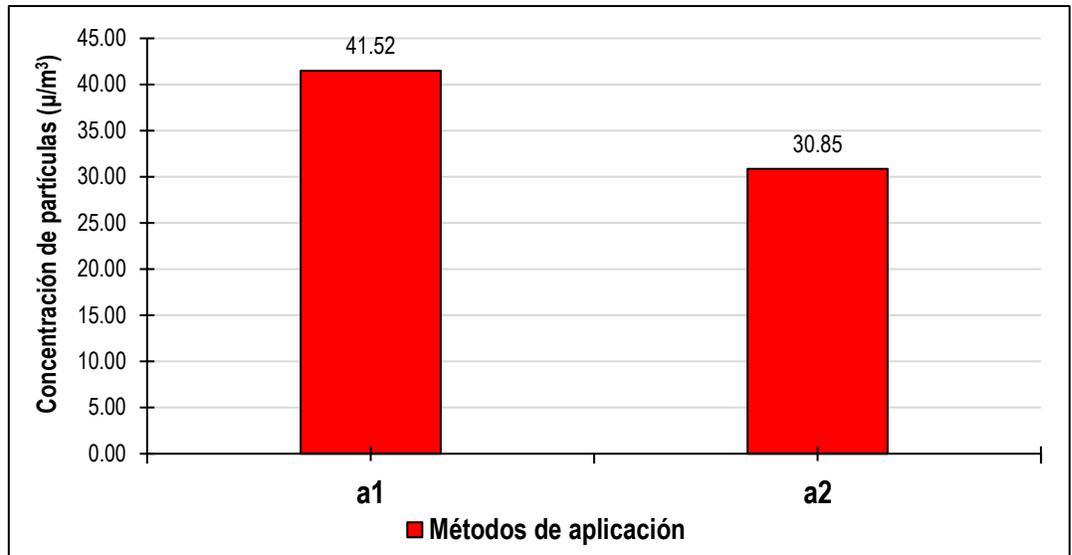
**Cuadro 6.** Prueba de Tukey de los métodos de aplicación y los tipos de dosis para concentración de partículas en la descarga del material excedente de obra.

| OM  | Tratamientos | Promedio ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Signif. ( $\alpha = 0.05$ ) |
|---|--------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <b><i>Efecto principal de los métodos de aplicación</i></b> |              |                                       |                             |
| 1   | a2 a1        | 30.85                                 | a                           |
| 2   | a1a2         | 41.52                                 | b                           |
| <b><i>Efecto principal de los tipos de dosis</i></b>        |              |                                       |                             |
| 1   | b2 b4        | 24.55                                 | a                           |
| 2   | b1 b3        | 30.21                                 | b                           |
| 3   | b3 b1        | 32.51                                 | c                           |
| 4   | b4 b2        | 57.49                                 | d                           |

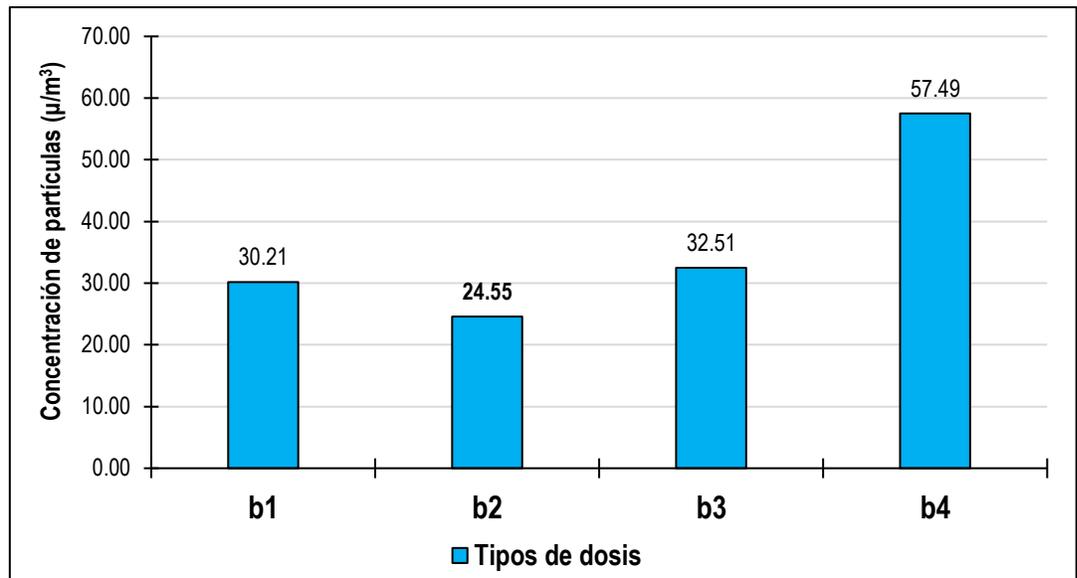
$S\bar{x} = \pm 0.50$

La Prueba de Tuckey al 0.05 de margen de error realizada en el Cuadro 6 para concentración de partículas en la descarga del material excedente de obra, denota que para el efecto principal del factor A (métodos de aplicación), el nivel a2 (método caudal reducido) demostró mayor efectividad que el nivel a1 (método por aspersión), al reducir las partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  ( $30.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Figura 6).

Para el efecto principal B (tipos de dosis), los niveles de este factor difieren entre sí, mostrando un efecto independiente. Por otro lado, el efecto del nivel b2 (2/3 de cloruro de calcio) es el que menor concentración de partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  presenta con  $24.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tal como se muestra en la Figura 7.



**Figura 6.** Medias del efecto principal A (métodos de aplicación) en la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  en la carga del material excedente en obra.



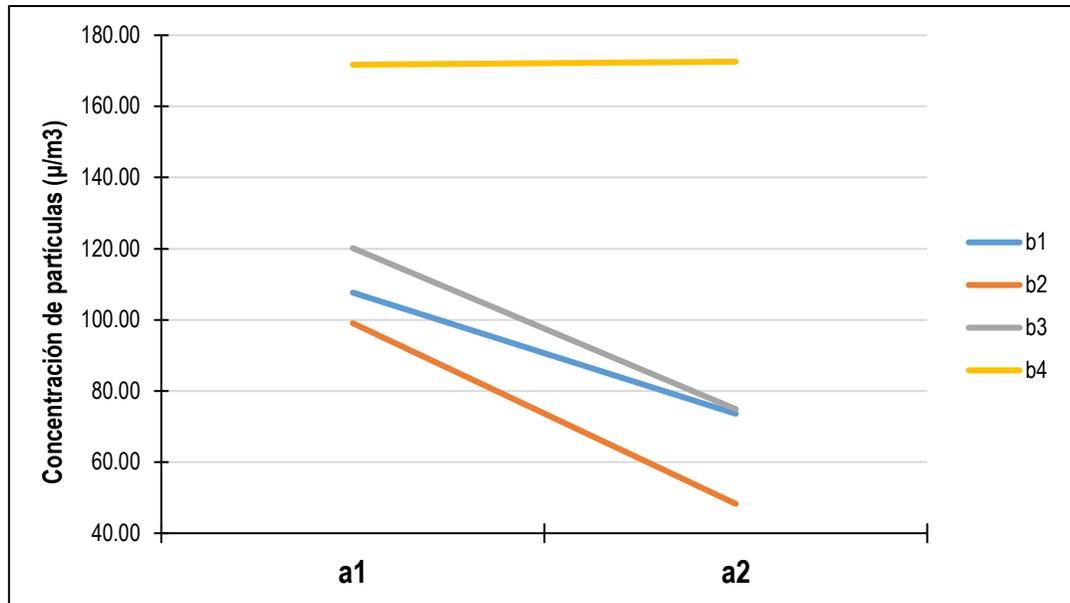
**Figura 7.** Medias del efecto principal B (tipos de dosis) en la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  en la descarga del material excedente en obra.

**Cuadro 7.** Análisis de varianza de los efectos simples para concentración de partículas en la carga del material excedente de obra.

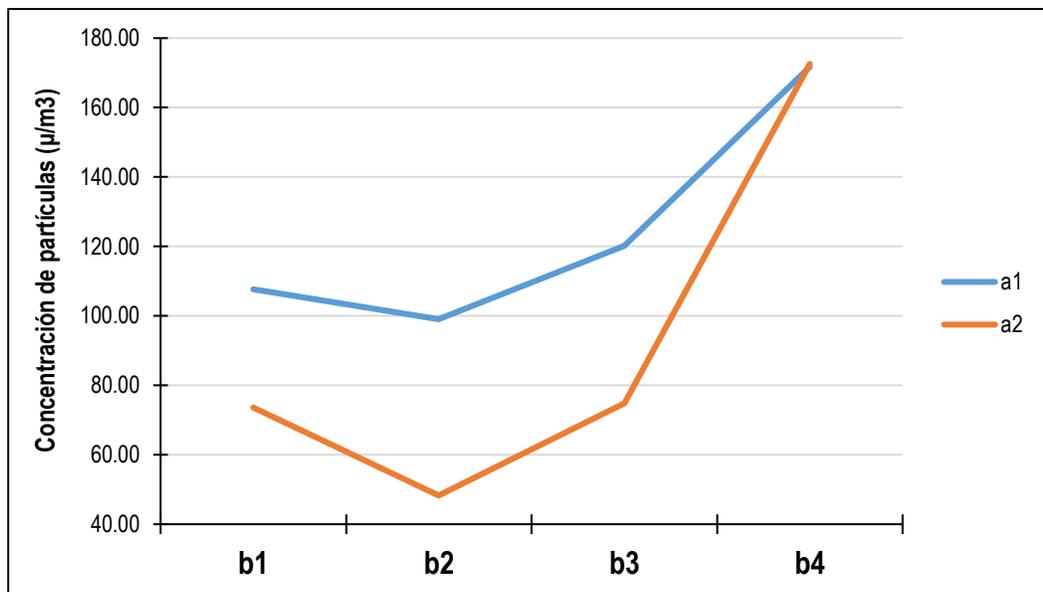
| Fuentes de variación                    | gl        | SC           | CM          | Fc                   | Significación |      |
|---|-----------|--------------|-------------|----------------------|---------------|------|
|   |           |              |             |                      | 95%           | 99%  |
| <b><i>Efectos simples de A en B</i></b> |           |              |             |                      |               |      |
| A en b1                                 | 1         | 193.23       | 193.23      | 257.60**             | 4.15          | 7.50 |
| A en b2                                 | 1         | 429.60       | 429.60      | 27.49**              | 4.15          | 7.50 |
| A en b3                                 | 1         | 341.56       | 341.56      | 21.85**              | 4.15          | 7.50 |
| A en b4                                 | 1         | 0.12         | 0.12        | 0.01 <sup>n.s.</sup> | 4.15          | 7.50 |
| <b><i>Efectos simples de B en A</i></b> |           |              |             |                      |               |      |
| B en a1                                 | 3         | 1060.32      | 353.44      | 22.61**              | 2.31          | 3.26 |
| B en a2                                 | 3         | 3011.16      | 1003.72     | 64.22**              | 2.31          | 3.26 |
| <b>Error</b>                            | <b>16</b> | <b>11.98</b> | <b>0.75</b> |                      |               |      |

Dada la significación producida por la interacción AB en el Cuadro 5, se efectuó el Análisis de Varianza de los efectos simples de la interacción AB para concentración de partículas en la descarga del material excedente de obra en el Cuadro 7, el cual denota alta significación del factor A en los niveles b1, b2 y b3 y del factor B en los niveles a1 y a2.

De modo que los métodos de aplicación producen efecto a la interacción con los niveles b1 (1/3 de cloruro de calcio), b2 (2/3 de cloruro de calcio) y b3 (agua pura), pero no con el nivel b4 (sin aplicación) (Figura 8). Por otra parte, los tipos de dosis producen efecto al interaccionar con los niveles a1 (por aspersión) y a2 (caudal reducido) (Figura 9) al 95 y 99% de confianza.



**Figura 8.** Efecto de los métodos de aplicación x tipos de dosis en la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  al momento de la descarga de material excedente.



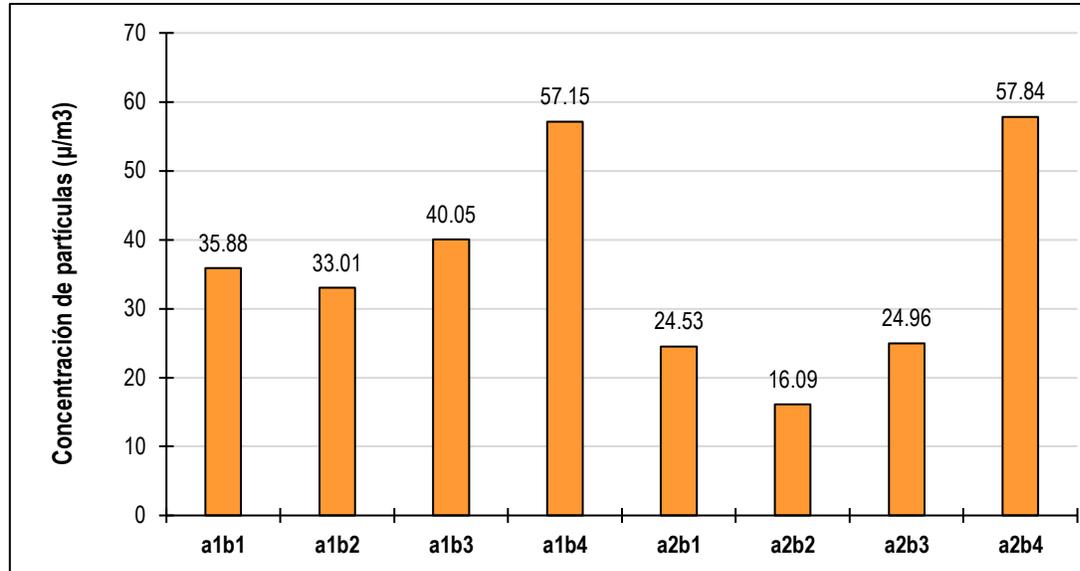
**Figura 9.** Efecto de los tipos de dosis x los métodos de aplicación en la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  al momento de la descarga de material excedente.

**Cuadro 8.** Prueba de Tukey de la interacción AB para concentración de partículas en la descarga del material excedente de obra

| OM  | Tratamientos | Promedio ( $\mu\text{g}/\text{m}$ ) | Signif. ( $\alpha = 0.05$ ) |
|---|--------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| <i>Efecto de la interacción AB (métodos de aplicación x Tipos de dosis)</i> |              |                                     |                             |
| 1   | a2b2 a2b4    | 16.09 57.84                         | a                           |
| 2   | a1b1 a1b4    | 24.53 57.15                         | a                           |
| 3   | a2b3 a1b3    | 24.96 40.05                         | b                           |
| 4   | a1b2 a1b1    | 33.01 35.88                         | c                           |
| 5   | a1b1 a1b2    | 35.88 33.01                         | d                           |
| 6   | a1b3 a2b3    | 40.05 24.96                         | e                           |
| 7   | a1b4 a2b1    | 57.15 24.53                         | f                           |
| 8   | a2b4 a2b2    | 57.84 16.09                         | f                           |

$S\bar{X} = \pm 0.50$

La Prueba de Tukey realizada en el Cuadro 8, muestra que a2b4 y a1b4 producen el mismo efecto al igual que en a2b3 y a2b1, sin embargo, las interacciones a1b3, a1b1, a1b2 y a2b2 son estadísticamente diferentes entre sí y difieren de los otros tratamientos, del que destaca la interacción de a2b2 (método caudal reducido x dosis 2/3 de cloruro de calcio) al registrar la menor concentración de partículas menores a  $10 \mu\text{m}$  ( $16.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), tal como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.** Medias de las interacciones AB en la concentración de partículas menores a  $10 \mu m$  al momento de la descarga de material excedente.

#### 4.2.2. Dependencia de la concentración de partículas con las variables climáticas

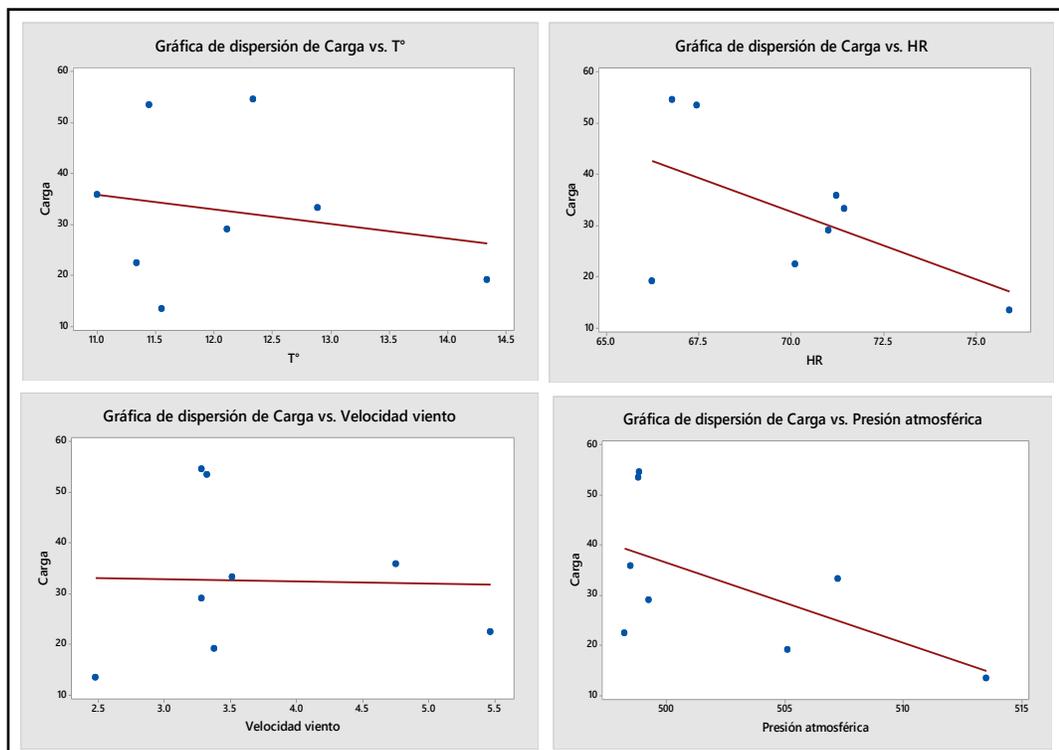
##### 4.2.2.1. En la carga de material excedente de obra

**Cuadro 9.** Análisis de Varianza de la regresión de la concentración de partículas menores a  $10 \mu m$  en la carga vs las variables climáticas

| Var. Climat.            | Fuente de Variabilidad | GL        | SC             | CM     | Fc                   | F tab |       |
|-------------------------|------------------------|-----------|----------------|--------|----------------------|-------|-------|
|                         |                        |           |                |        |                      | 5%    | 1%    |
| T°                      | Regresión              | 1         | 67.64          | 1.67   | 0.27 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                         | Error exp.             | 6         | 1526.65        | 254.44 |                      |       |       |
|                         | <b>Total</b>           | <b>7</b>  | <b>1594.39</b> |        |                      |       |       |
| R <sup>2</sup> = 4.25%  |                        | R = 0.02  |                |        |                      |       |       |
| HR                      | Regresión              | 1         | 489.60         | 489.60 | 2.66 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                         | Error exp.             | 6         | 1104.80        | 184.10 |                      |       |       |
|                         | <b>Total</b>           | <b>7</b>  | <b>1594.40</b> |        |                      |       |       |
| R <sup>2</sup> = 30.71% |                        | R = 0.55  |                |        |                      |       |       |
| Veloc. Viento           | Regresión              | 1         | 1.20           | 1.20   | 0.00 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                         | Error exp.             | 6         | 1593.30        | 265.53 |                      |       |       |
|                         | <b>Total</b>           | <b>7</b>  | <b>1594.40</b> |        |                      |       |       |
| R <sup>2</sup> = 0.07%  |                        | R = 0.03  |                |        |                      |       |       |
| Presión atmosf.         | Regresión              | 1         | 573.80         | 573.80 | 3.37 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                         | Error exp.             | 6         | 1020.60        | 170.10 |                      |       |       |
|                         | <b>Total</b>           | <b>7</b>  | <b>1594.40</b> |        |                      |       |       |
| R <sup>2</sup> = 35.99% |                        | R = 0.599 |                |        |                      |       |       |

El Análisis de Varianza de la regresión de la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  en la carga vs las variables climática realizado en el Cuadro 9, indica que la concentración de partículas menores de  $10\ \mu\text{m}$  en la carga de material excedente no depende de las condiciones climáticas temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión atmosférica. Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y correlación ( $R$ ) son bajos con la temperatura y velocidad del viento, excepto en la humedad relativa y la presión atmosférica donde el  $R^2$  registra de 30.71 y 35.99% lo que denota que la variabilidad es explicada por estas variables climáticas; y el  $R$  de 0.55 y 0.59 determina que existe una correlación negativa

**En la Figura 11** se observa la gráfica de dispersión de la regresión lineal de la concentración de partículas en la carga vs las variables climáticas



**Cuadro 12.** Modelo estimado de la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  al momento de la carga vs las variables climáticas

| <b>Variables climáticas</b> | <b>Modelo estimado</b>                  |
|-----------------------------|---|
| Temperatura                 | Carga = 67.5 - 2.88 T°                  |
| Humedad relativa            | Carga = 217 - 2.64 HR                   |
| Velocidad del viento        | Carga = 34.2 - 0.43 Velocidad viento    |
| Presión atmosférica         | Carga = 839 - 1.605 Presión atmosférica |

El Cuadro 12 se evidencia una pendiente negativa, es decir que por cada disminución unitaria en el logaritmo natural de cada variable climática, se estima un decrecimiento en la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  de 2.88, 2.64, 0.43 y 1,605  $\mu/\text{m}^3$  en la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión atmosférica respectivamente.

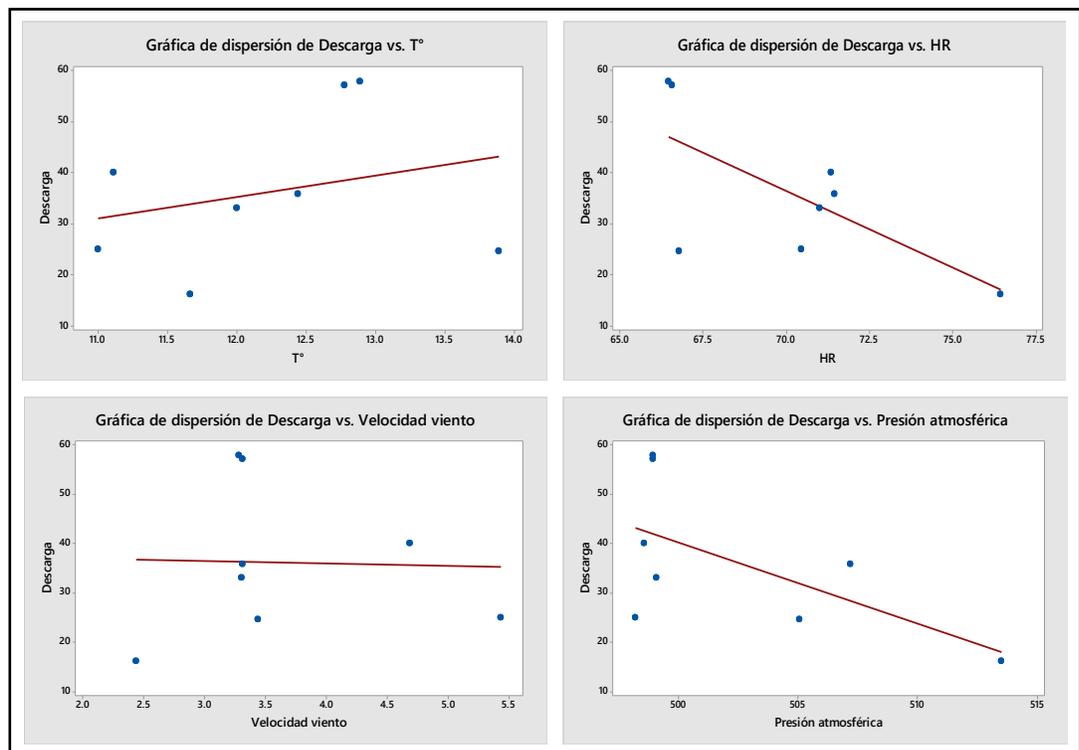
#### 4.2.2.2. En la descarga de material excedente de obra

**Cuadro 13.** Análisis de Varianza de la regresión de la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  en la descarga vs las variables climáticas

| Var. Climat.    | Fuente de Variabilidad  | GL       | SC             | CM     | Fc                   | F tab |       |
|-----------------|-------------------------|----------|----------------|--------|----------------------|-------|-------|
|                 |                         |          |                |        |                      | 5%    | 1%    |
| T°              | Regresión               | 1        | 116.60         | 116.60 | 0.47 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                 | Error exp.              | 6        | 1482.60        | 247.10 |                      |       |       |
|                 | <b>Total</b>            | <b>7</b> | <b>1599.20</b> |        |                      |       |       |
|                 | R <sup>2</sup> = 7.29%  |          |                |        | R = 0.27             |       |       |
| HR              | Regresión               | 1        | 734.50         | 734.50 | 5.10 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                 | Error exp.              | 6        | 864.70         | 144.10 |                      |       |       |
|                 | <b>Total</b>            | <b>7</b> | <b>1599.20</b> |        |                      |       |       |
|                 | R <sup>2</sup> = 45.93% |          |                |        | R = 0.68             |       |       |
| Veloc. Viento   | Regresión               | 1        | 1.41           | 1.41   | 0.01 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                 | Error exp.              | 6        | 1597.82        | 266.30 |                      |       |       |
|                 | <b>Total</b>            | <b>7</b> | <b>1599.23</b> |        |                      |       |       |
|                 | R <sup>2</sup> = 0.07%  |          |                |        | R = 0.03             |       |       |
| Presión atmosf. | Regresión               | 1        | 590.15         | 590.15 | 3.51 <sup>n.s.</sup> | 5.99  | 13.99 |
|                 | Error exp.              | 6        | 1009.08        | 168.18 |                      |       |       |
|                 | <b>Total</b>            | <b>7</b> | <b>1599.23</b> |        |                      |       |       |
|                 | R <sup>2</sup> = 36.90% |          |                |        | R = 0.61             |       |       |

El Análisis de Varianza de la regresión de la concentración de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  en la carga vs las variables climática realizado en el Cuadro 13, denota que la concentración de partículas menores de  $10\ \mu\text{m}$  en la carga de material excedente no depende de la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión atmosférica. Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y correlación ( $R$ ) son nulos en la temperatura y velocidad del viento, excepto en la humedad relativa y la presión atmosférica donde el  $R^2$  registra de 45.93 y 36.90% lo que demuestra que la variabilidad es explicada por estas variables climáticas; y el  $R$  de 0.68 y 0.61 determina que existe una correlación negativa

En la Figura 12 se observa la gráfica de dispersión de la regresión lineal de la concentración de partículas en la descarga vs las variables climáticas (temperatura, humedad relativa, velocidad de viento y presión atmosférica).



**Cuadro 14.** Modelo estimado de la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  al momento de la descarga vs las variables climáticas

| <b>Variables climáticas</b> | <b>Modelo estimado</b>                               |
|-----------------------------|--|
| Temperatura                 | Descarga = $-14.9 + 4.18 T^{\circ}$                  |
| Humedad relativa            | Descarga = $246.6 - 3.00 \text{ HR}$                 |
| Velocidad del viento        | Descarga = $37.9 - 0.47 \text{ Velocidad viento}$    |
| Presión atmosférica         | Descarga = $857 - 1.633 \text{ Presión atmosférica}$ |

El Cuadro 14 se evidencia una pendiente negativa, es decir que, por cada disminución unitaria en el logaritmo natural de cada variable climática, se estima un decrecimiento en la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  de 2.88, 2.64, 0.43 y 1,605  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión atmosférica respectivamente.

### 4.3. Discusión de resultados

#### 4.3.1. Concentración de partículas menores 10 $\mu\text{m}$

Los resultados indican que los factores A (métodos de aplicación) y B (tipos de dosis) tuvieron efecto sobre la variable concentración de partículas menores 10  $\mu\text{m}$ , demostrando un efecto independiente sobre esta, por otra parte, se evidencia que los factores A y B muestran un efecto conjunto sobre la variable produciendo estos un mejor efecto sobre ella.

El efecto del nivel a2 (método caudal reducido) tiene un mejor comportamiento que el nivel a1 (método por aspersion) al reducir la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  en la carga (27.36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y descarga (30.78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de material excedente por debajo de la norma establecida (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3/24\text{h.}$ ), debido a que el método de caudal reducido

optimiza la distribución de la solución en toda la extensión del suelo, mejor que por aspersión (Campos, 2012).

Por otro lado, el efecto del nivel b2 (2/3 de cloruro de calcio) redujo la concentración de partículas a 21.25 y 24.55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la carga y descarga del material excedente respectivamente por debajo de la norma establecida (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3/24$  h.). La reducción de la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  puede optimizarse al emplear el método de caudal reducido y la dosis 2/3 de cloruro de calcio (a2b2) tanto para la carga y descarga de material excedente de obra, ya que logra reducir en 13.47 y 16.09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente por debajo de la norma establecida (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3/24$  h.), valores que pueden garantizar la calidad ambiental del aire con la finalidad de asegurar la salud de los trabajadores en la obra, debido a que estas partículas de polvo ocasionan problemas cardiovasculares en seres humanos y afecta el ambiente natural (Arciniégaz, 2012).

Las partículas de cloruro experimentan una densificación o encalque que permite disminuir las películas de agua de las partículas de polvo (Vicente, 1998), asimismo al tipo de suelo del material excedente, ya que en suelos arcillosos el cloruro no tiene efectividad (Ponce, 2018).

Al analizar los efectos de los niveles de A en B, solo produce efecto con las dosis de cloruro de calcio (1/3 y 2/3) y con el agua pura, pero las dosis de comportan mejor el método del caudal reducido, no obstante la acción primordial que cumple el cloruro de calcio es importante, al disminuir las fuerzas de repulsión de las arcillas, incrementando su cohesión,

aumentando su peso volumétrico hasta el 11% y manteniendo constante la humedad (Aguilar y Borda, 2015), tal efecto del cloruro de calcio también resaltan Mateos (1961), Mateos (1962), Celi y Alderete (2012), y Aguilar y Borda (2015).

#### **4.3.2. Dependencia concentración de partículas menores 10 $\mu\text{m}$ con las variables climáticas**

Del análisis de regresión se determina que la reducción de la concentración de partículas de polvo menores a 10  $\mu\text{m}$  en el aire producido en la carga y descarga del material excedente no depende de las variables climáticas temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y presión atmosférica, sin embargo se puede observar que existe una correlación negativa en la carga y descarga en la humedad relativa y la presión atmosférica, es decir una disminución en concentración de partículas de polvo menores a 10  $\mu\text{m}$  genera un incremento débil de humedad relativa y presión atmosférica, por lo que la aplicación de cloruro de calcio mantiene la humedad de la superficie del pavimento, reduciendo la formación de polvo con el tránsito y reteniendo los agregados en el proceso constructivo (Bonifacio y Sánchez, 2015), con el transcurrir del tiempo la humedad relativa disminuyó gradualmente, dicho comportamiento también fue corroborado por Celi y Alderete (2012) y Ponce (2018).

Cabe señalar que la temperatura no influencia para que se produzca efecto sobre la variable respuesta por presentar una correlación nula,

debido a que la aplicación de cloruro de calcio evita un incremento de la temperatura en el material excedente otorgando una mayor estabilidad a las partículas de polvo,

Las condiciones climáticas permiten el incremento de la temperatura la película de agua sobre las partículas disminuye, debido a un aumento de la densidad, el cual por una modificación en el estado de floculación de las partículas arcillosas del suelo, permite una mayor facilidad para que las partículas gruesas cambien de posición durante el proceso de compactación, de modo que favorece al incremento de la concentración de la solución de la sal en el suelo durante el periodo del curado (Mateos, 1998).

#### **4.4. Aporte de la investigación**

El aporte a la investigación del presente trabajo es que se encontró una metodología muy importante para mitigar el impacto positivo de contaminación ambiental al disminuir el volumen de los particulado en suspensión del aire que como se menciona son nocivos para la salud del ser humano principalmente, como también para los animales y plantas, al existir fuentes de agua está también se incluye en lista de afectación

## CONCLUSIONES

1. La efectividad de la dosis 2/3 de cloruro de calcio mejora cuando se aplica con el método del caudal reducido, cuya influencia positiva evita un incremento de la temperatura en el material excedente otorgando una mayor estabilidad a las partículas de polvo.
2. Los factores A y B producen efecto sobre la concentración de partículas menores de 10  $\mu\text{m}$ , pero al interaccionar este efecto se optimiza reduciendo más la concentración, en especial el método de caudal reducido con los niveles b1, b2 y b3 en la carga y descarga.
3. La variabilidad de la concentración de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  no depende de las variables climáticas, sin embargo, la humedad y presión atmosférica muestran correlación negativa y débil.

## RECOMENDACIONES

1. La mejor dosis de cloruro de calcio que permite una mejor estabilización del material excedente de obra es el de 2/3 aplicado mediante el método del caudal reducido, por lo que se recomienda su difusión para ayudar a mitigar el esparcimiento de partículas de polvo al ambiente en los procesos constructivos.
2. Se recomienda realizar investigaciones con respecto al cloruro de calcio, como estabilizante en otros tipos de suelo.
3. Estudiar el efecto del cloruro de calcio a largo plazo y observar el comportamiento de las partículas nocivas del polvo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Celi Ignacio, Alderete Natalia (2012) "Ensayo comparativo para evaluar el desempeño de paliativos de polvo". Tesis de Becarios de Investigación, LEMaC Centro de Investigaciones Viales, Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, 2012. ISSN 2250-7221.
2. Ponce Cripin, Kenia (2018). "Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la Avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica". Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Huancavelica.
3. D. T. Davidson y R. L. Handy (1960) "Soil stabilization with chlorides", publicado en el libro "Highway Engineering Handbook" editado por K.B.Woods, McGraw-Hill Book Company.
4. J. B. Sheeler y D. W. Hofer, (1961) "Density-compactive energycalcium chloride content relationships for an Iowa dolomite".
5. Leiva alva, Jerie W. (2003). "Análisis de accidentes viales aplicando la ingeniería de tránsito". Univesidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
6. Mateos de Vicente Manuel (1998). "Efectos del cloruro cálcico en la estabilidad de las tierras". CIMBRA.
7. Mateos de Vicente Manuel, (1962) "El cloruro cálcico como agente estabilizador de suelos", Caminos y Construcción Pesada, Chicago.

8. Mateos de Vicente Manuel (1961) “Estabilización de suelos con cloruro cálcico”; Revista de Obras Públicas.
9. Palomino Ugaz, R. (2006), “Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub rasante”. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Ingeniería

## **CONSULTAS EN INTERNET**

EL TIEMPO (2017, SETIEMBRE 04) Aplican Cloruro de Calcio para Controlar el Polvo en Castilla <http://eltiempo.pe/aplican-cloruro-calcio-controlar-polvo-castilla/>

Manuel Mateos de Vicente (2006) Efecto del Cloruro Calcico en la Estabilidad de las Tierras [http://www.citop.es/publicaciones/documentos/Cimbra373\\_06.pdf](http://www.citop.es/publicaciones/documentos/Cimbra373_06.pdf)

Mery L. P., Serna L.,(2007, mayo) Evaluación Del Cloruro De Calcio Como Agente Mitigador De Polvo En Vías En Afirmado  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/938/11629>

HUMICOR NANOPOLÍMEROS (2013, MARZO)

<http://www.humicorp.com/bischolfitas-o-copolimeros-para-eliminar-el-polvo-de-los-caminos-si-no-sabe-ya-la-respuesta-es-que-no-conoce-los-copolimeros-de-humicorp/>

## **ANEXOS**

## ANEXO N° 01

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TÍTULO:** “APLICACIÓN DE CLORURO DE CALCIO PARA EL CONTROL DE PARTÍCULAS MENORES A 10µm GENERADO DURANTE EL PROCESO DE CARGA Y DESCARGA DE MATERIAL EXCEDENTE EN OBRA”

| PROBLEMA  | OBJETIVO   | HIPÓTESIS   | VARIABLES   | INDICADORES  | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN  |
|---|--|---|---|--|--|
| <p><b>Problema General:</b><br/>¿Cuál es el efecto de la aplicación de cloruro de calcio sobre las partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál será el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra?</li> </ul> | <p><b>Objetivo General:</b><br/>Conocer el efecto de la aplicación de cloruro de calcio para el control de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente en obra.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de</li> </ul> | <p><b>Hipótesis General:</b><br/><b>Hi:</b> El efecto de la aplicación de cloruro de calcio para el control de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente en obra es positivo.</p> <p><b>Ho:</b> El efecto de la aplicación de cloruro de calcio para el control de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y</p> | <p><b>Variables independientes:</b><br/>Métodos de aplicación: (aspersión y caudal reducido)<br/>Con 2 tipos de dosis: (dosis 1/3 y 2/3)</p> <p><b>Variables dependientes:</b><br/>Control de partículas menores a 10µm</p> | <p>Tipo de dosis 1/3 cloruro de calcio</p> <p>Tipo de dosis 2/3 cloruro de calcio</p> <p>Agua pura<br/>Testigo</p> <p>Partículas menores a 10µm (PM10)</p> | <p>Por la naturaleza del problema, el tipo de investigación adoptado es <b>EXPERIMENTAL</b>, bajo el Diseño Completamente al Azar (DCA), ya que se cuenta con la intervención del investigador cuando se realizó los monitoreos para la obtención de datos en campo para luego ser procesados en gabinete.</p> |

|   |   |   |  |  |   |
|---|---|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo influenciará las interacciones de los factores en la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra?</li> <li>• ¿Existirá dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra y las variables climáticas?</li> </ul> | <p>partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la influencia de la mejor interacción de los factores en la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra</li> <li>• Establecer la dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente</li> </ul> | <p>descarga de material excedente en obra es negativo.</p> <p><b>Hipótesis Específicos:</b></p> <p><b>Hi:</b> el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será positiva</p> <p><b>Ho:</b> el efecto del método de aplicación y tipos de dosis en la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será negativa</p> <p><b>Hi:</b> la influencia de la interacción 2b2 y</p> |  |  | <p>Según la tipología del diseño experimental <b>FACTORIAL</b>, cuyo diseño consta de dos factores, cada uno de los cuales, con distintos valores o niveles, cuyas unidades experimentales cubren todas las posibles combinaciones de esos niveles en todo el factor.</p> <p>Esquema</p> <p>Modelo Aditivo Lineal (MAL)</p> $Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ <p>Para:</p> <p>i = 1, 2, 3, ..... p (Momento de aplicación)</p> <p>j = 1, 2, 3, ..... q (Método de aplicación)</p> <p>k = 1, 2, 3, ..... rij (repetición)</p> |
|---|---|---|--|--|---|

|  |                                    |   |  |  |  |
|--|------------------------------------|---|--|--|--|
|  | de obra y las variables climáticas | <p>a1b2 en la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será positiva</p> <p><b>Ho:</b> la influencia de la interacción 2b2 y a1b2 en la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra será negativa</p> <p><b>Hi:</b> Existe dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a 10µm generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente</p> |  |  |  |
|--|------------------------------------|---|--|--|--|

|  |  |   |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|
|  |  | <p>de obra y las variables climáticas</p> <p><b>Ho:</b> No existe dependencia o correlación entre la concentración de partículas menores a 10<math>\mu</math>m generado durante el proceso de carga y descarga de material excedente de obra y las variables climáticas</p> |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|

**ANEXO N° 01**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



**FOTOGRAFIA N°01: INSTALACIÓN DE CISTERNA PARA LA APLICACIÓN DEL CLORURO DE CALCIO**



**FOTOGRAFIA N°02: INSTALACIÓN DE CISTERNA PARA LA APLICACIÓN DEL CLORURO DE CALCIO**



**FOTOGRAFIA N°03:** PLANIFICACIÓN DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS EN EL PROCESO DE CARGA.



**FOTOGRAFIA N°08:** ANOTACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO EN EL ÁREA DE DESCARGA.



**FOTOGRAFIA N°05: ANOTACIONES DE PUNTOS DE MONITOREO**



**FOTOGRAFIA N°06: ACUMULACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PARA CARGA.**



**FOTOGRAFIA N°07: ÁREA DE DESCARGA DE MATERIAL EXCEDENTE (DME)**



**FOTOGRAFIA N°04: CARGA DE MATERIAL EXCEDENTE.**

## ANEXO N° 01

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 425-18

|                        |  |                             |                       |
|------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|
| <b>EQUIPO</b>          | MUESTREADOR DE PARTICULAS<br>BAJO VOLUMEN              | <b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b> | 6 de febrero del 2018 |
| <b>PERTENECIENTE A</b> | Solucion Integral en Minería<br>y Construccion E.I.R.L | <b>LUGAR DE CALIBRACIÓN</b> | Laboratorio ECOSISTEM |
| <b>FABRICANTE</b>      | THERMO SCIENTIFIC                                      | <b>TEMPERATURA</b>          | 26°C                  |
| <b>MODELO</b>          | PARTISOL 2000  | <b>HUMEDAD</b>              | 71%                   |
| <b>SERIE N°</b>        | 200FB206240401   |                             |                       |

**TRAZABILIDAD:** Se a utilizado el calibrador de Marca: AP BUCK modelo M30 SN: 221145 que cuenta con Trazabilidad NIST con certificado vigente hasta 03/2019

**PROCEDIMIENTO:**

Calibración multipunto de flujo comparado con calibrador según indicaciones del fabricante.

| Parametro          | Diferencia Max Permissible * | Valor del Equipo | Valor Calibrador | Diferencia | Observaciones |
|--------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------|---------------|
| Flujo 1 (L/min)    | 5%                           | 15,03            | 15,13            | 0,66       | .....         |
| Temp Filtro 1 (°C) | ±2°C                         | 27,8             | 28,1             | 0,30       | .....         |
| Pres Filtro(mmHg)  | ±10mmHg                      | 751              | 750              | 1,00       | .....         |
| Flujo 2 (L/min)    | 5%                           | 10,69            | 10,72            | 0,28       | .....         |
| Temp Filtro 2 (°C) | ±2°C                         | 19,8             | 19,6             | 0,20       | .....         |
| Pres Filtro(mmHg)  | ±10mmHg                      | 751              | 750              | 1,00       | .....         |
| Flujo 3 (L/min)    | 5%                           | 1,69             | 1,72             | 1,74       | .....         |
| Temp. Amb(°C)      | ±2°C                         | 19,3             | 19,2             | 0,10       | .....         |
| Pres. Amb(mmHg)    | ±10mmHg                      | 750              | 750              | 0,00       | .....         |

\* según indicado en el manual del equipo

| CALIBRACION | VALOR REQUERIDO | VALOR EQUIPO | VALOR CALIBRADOR | %ERROR | CALIBRACION FLUJO PM10 |       |
|-------------|-----------------|--------------|------------------|--------|------------------------|-------|
| FLUJO 01    | 13,50           | 13,53        | 13,55            | 0,15   | SLOPE                  | 1,03  |
| FLUJO 02    | 15,00           | 15,03        | 15,13            | 0,66   | INTERCEPT              | -1,14 |
| FLUJO 03    | 16,50           | 16,54        | 16,58            | 0,24   |                        |       |

| CALIBRACION | VALOR REQUERIDO | VALOR EQUIPO | VALOR CALIBRADOR | %ERROR | CALIBRACION FLUJO PM2,5 |       |
|-------------|-----------------|--------------|------------------|--------|-------------------------|-------|
| FLUJO 01    | 1,50            | 1,51         | 1,51             | 0,33   | SLOPE                   | 1,16  |
| FLUJO 02    | 1,67            | 1,69         | 1,72             | 1,74   | INTERCEPT               | -0,93 |
| FLUJO 03    | 1,84            | 1,84         | 1,80             | 2,22   |                         |       |

**OBSERVACIONES:**

El equipo está dentro de los rangos aceptables siendo la diferencia en caudal de aspiración de 0,66% ≤ 4,00% para PM10 y de 1,74% ≤ 4,00% para PM2,5 la diferencia de la temperatura ambiental es de 0,1°C ≤ 2,00°C y la diferencia de presión Ambiental de 0,00mmHg ≤ 10,00mmHg - Ecosistem SAC certifica que el instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros ingenieros calificados y cumple con las especificaciones de calidad establecidas por la norma nacional vigente.

VoBo

Urb. El Rosal Mz B9 Lt01- Lima 03  
 Cel: 971231941 Rpm: \*014957  
 info@ecosystemsac.com  
 www.ecosystemsac.com

|                        |  |                             |                       |
|------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|
| <b>EQUIPO</b>          | MUESTREADOR DE PARTICULAS<br>BAJO VOLUMEN              | <b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b> | 6 de febrero del 2018 |
| <b>PERTENECIENTE A</b> | Solucion Integral en Minería<br>y Construccion E.I.R.L | <b>LUGAR DE CALIBRACIÓN</b> | Laboratorio ECOSISTEM |
| <b>FABRICANTE</b>      | THERMO SCIENTIFIC                                      | <b>TEMPERATURA</b>          | 26°C                  |
| <b>MODELO</b>          | PARTISOL 2000  | <b>HUMEDAD</b>              | 71%                   |
| <b>SERIE N°</b>        | 200FB206320404   |                             |                       |

**TRAZABILIDAD:** Se a utilizado el calibrador de Marca: AP BUCK modelo M30 SN: 221145 que cuenta con Trazabilidad NIST con certificado vigente hasta 03/2019

**PROCEDIMIENTO:**

Calibración multipunto de flujo comparado con calibrador según indicaciones del fabricante.

| Parametro          | Diferencia Max Permissible * | Valor del Equipo | Valor Calibrador | Diferencia | Observaciones |
|--------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------|---------------|
| Flujo 1 (L/min)    | 5%                           | 15,03            | 15,13            | 0,66       | .....         |
| Temp Filtro 1 (°C) | ±2°C                         | 27,8             | 28,1             | 0,30       | .....         |
| Pres Filtro(mmHg)  | ±10mmHg                      | 751              | 750              | 1,00       | .....         |
| Flujo 2 (L/min)    | 5%                           | 10,69            | 10,72            | 0,28       | .....         |
| Temp Filtro 2 (°C) | ±2°C                         | 19,8             | 19,6             | 0,20       | .....         |
| Pres Filtro(mmHg)  | ±10mmHg                      | 751              | 750              | 1,00       | .....         |
| Flujo 3 (L/min)    | 5%                           | 1,69             | 1,72             | 1,74       | .....         |
| Temp. Amb(°C)      | ±2°C                         | 19,3             | 19,2             | 0,10       | .....         |
| Pres. Amb(mmHg)    | ±10mmHg                      | 750              | 750              | 0,00       | .....         |

\* según indicado en el manual del equipo

| CALIBRACION | VALOR REQUERIDO | VALOR EQUIPO | VALOR CALIBRADOR | %ERROR | CALIBRACION FLUJO PM10 |       |
|-------------|-----------------|--------------|------------------|--------|------------------------|-------|
| FLUJO 01    | 13,50           | 13,53        | 13,55            | 0,15   | SLOPE                  | 1,03  |
| FLUJO 02    | 15,00           | 15,03        | 15,13            | 0,66   | INTERCEPT              | -1,14 |
| FLUJO 03    | 16,50           | 16,54        | 16,58            | 0,24   |                        |       |

| CALIBRACION | VALOR REQUERIDO | VALOR EQUIPO | VALOR CALIBRADOR | %ERROR | CALIBRACION FLUJO PM2,5 |       |
|-------------|-----------------|--------------|------------------|--------|-------------------------|-------|
| FLUJO 01    | 1,50            | 1,51         | 1,51             | 0,33   | SLOPE                   | 1,16  |
| FLUJO 02    | 1,67            | 1,69         | 1,72             | 1,74   | INTERCEPT               | -0,93 |
| FLUJO 03    | 1,84            | 1,84         | 1,80             | 2,22   |                         |       |

**OBSERVACIONES:**

El equipo está dentro de los rangos aceptables siendo la diferencia en caudal de aspiración de 0,66% ≤ 4,00% para PM10 y de 1,74% ≤ 4,00% para PM2,5 la diferencia de la temperatura ambiental es de 0,1°C ≤ 2,00°C y la diferencia de presión Ambiental de 0,00mmHg ≤ 10,00mmHg - Ecosistem SAC certifica que el instrumento ha sido inspeccionado y calibrado por nuestros ingenieros calificados y cumple con las especificaciones de calidad establecidas por la norma nacional vigente.

VoBo



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

092-18

**INSTRUMENTO VERIFICADO**
**DATOS PATRÓN**

|                      |  |                      |               |
|----------------------|--|----------------------|---------------|
| SOLICITANTE          | : SOLUCIÓN INTEGRAL EN MINERÍA Y CONSTRUCCIÓN EIRL | MARCA                | : DAVIS       |
| MODELO DE ESTACION   | : VANTAGE PRO 2                                    | SERIE UNIDAD ISS     | : AZ170719001 |
| MARCA                | : DAVIS  | SERIE UNIDAD CONSOLA | : AZ170719001 |
| SERIE UNIDAD ISS     | : AZ170417024                                      |                      |               |
| SERIE UNIDAD CONSOLA | : AZ170417024                                      |                      |               |
| UBICACIÓN            | : LIMA   |                      |               |
| FECHA DE CALIBRACIÓN | : 19/05/18   |                      |               |
| FECHA DE EXPIRACIÓN  | : 20/05/19   |                      |               |

| SENSOR DE ESTACION METEOROLÓGICA | RANGOS DE EXACTITUD GENERAL | PROMEDIO CLIENTE | MAX./MIN. CLIENTE | ERROR PROMEDIO CLIENTE | CORRELACION CLIENTE | REFERENCIA ESTACION PATRON-DAVIS (NIST) |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|------------------------|---------------------|---|
| TEMPERATURA-6162                 | ± 0.5 °C                    | 19.51 °C         | 24.2 / 16.9 °C    | 0.3 °C                 | 1.00                | 180207N04                               |
| HUMEDAD RELATIVA-6162            | ± 3 %                       | 82.92 %          | 91 / 69 %         | 0.9 %                  | 0.99                | 180207N04                               |
| VELOCIDAD DE VIENTO-6410         | ±2 m/s ó ±5%                | 0.17 m/s         | 0.9 / 0.0 m/s     | 0.0 m/s                | 0.91                | 180207N06                               |
| PRECIPITACIÓN-6162               | ±4% + 1 cuenta de lluvia    | 0.10 mm          | 3.2 / 0.0 mm      | 0.0 mm                 | 1.00                | 180207N05                               |
| PRESIÓN BAROMÉTRICA-6162         | ± 1.0 mb                    | 993.34 mb        | 994.9 / 992.1 mb  | 0.1 mb                 | 0.97                | AZ170719001                             |

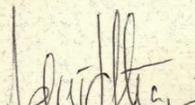
**METODO Y PATRON DE MEDICION:**

Determinación de los errores de medición a través del método de constatación con el instrumento a verificar rigiendo a los resultados que maneje la Patrón Homologada por Davis Instruments en un periodo de 24 horas donde los equipos son expuestos a las mismas condiciones climáticas. Cada Patrón Davis se basa en las especificaciones del NIST (National Institute of Standards and Technology) y ha sido verificado en sus parámetros con los siguientes sensores (tal como muestra el documento adjunto)

- Temperatura y Humedad Relativa
  - MARCA: Vaisala                      MODELO: HMP 233
- Precipitación
  - MARCA: CAVRO                      MODELO: XLP 6000
- Viento (velocidad y dirección)
  - MARCA: ALNOR HOT WIRE              MODELO: CF8570
- Presión Atmosférica
  - MARCA: Vaisala                      MODELO: PTB 220 CLASE A

Las unidades de medición realizadas están de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El certificado no podrá ser reproducido parcialmente. El usuario está obligado a recalibrar el instrumento a intervalos apropiados por personal autorizado por Davis.

Perú Davis Instruments E.I.R.L no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el mal uso de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

  
 ANDRES ARTEAGA ARCE  
 GERENTE GENERAL  
 PERU DAVIS INSTRUMENTS E.I.R.L.

19/05/2018

## NOTA BIOGRAFICA

El Ing. JONATHAN OSCAR BONIFACIO MUNGUIA, nació en la ciudad de Huánuco, hijo de don Sebastián Bonifacio Cozar y de doña Francisca Munguía Fuentes.

Estudió la educación primaria del 1 al 3 año, en la I. E. Mariano Damaso Beraun N°32223, en Amarilis - Paucarbamba, continuando el 4 al 6 año, en la I.E. Leoncio Prado Gutierrez en el distrito de Huánuco.

La educación secundaria lo realizó en el Colegio Nacional de Aplicación de la UNHEVAL del 1 al 5 año de secundaria desde el año 2001 al 2006.

Sus estudios de Ingeniería Ambiental, lo realizó en la Universidad de Huánuco, en la Facultad de Ingeniería, E.A.P Ingeniera Ambiental.

Realizó un trabajo de investigación titulado "Evaluación de la incidencia de la plantación de eucalipto (*Eucalyptus Globulos*) en la población de insectos en la localidad de Huayllabamba Huánuco - 2014".



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN

Huánuco - Perú

ESCUELA DE POSGRADO

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso - Cayhuayna  
Teléfono 514760 - Pág. Web. [www.posgrado.unheval.edu.pe](http://www.posgrado.unheval.edu.pe)



### ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE MAESTRO

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado, siendo las **18:00h**, del día viernes **30 DE NOVIEMBRE DE 2018**, ante los Jurados de Tesis constituido por los siguientes docentes:

|  |            |
|--|------------|
| Dr. Pedro CÓRDOVA TRUJILLO               | Presidente |
| Dr. Fernando Jeremias GONZALES PARIONA   | Secretario |
| Dr. Antonio Salustio CORNEJO Y MALDONADO | Vocal      |

**Asesor de Tesis:** Dr. Edward HUERTO MEDINA (Resolución N° 01412-2018-UNHEVAL/EPG-D)

El aspirante al Grado de Maestro en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, mención en Gestión Ambiental, Don, Jonathan Oscar BONIFACIO MUNGUIA.

**Procedió al acto de Defensa:**

Con la exposición de la Tesis titulado: "**APLICACIÓN DE CLORURO DE CALCIO PARA EL CONTROL DE PARTÍCULAS MENORES A 10µm GENERADO DURANTE EL PROCESO DE CARGA Y DESCARGA DE MATERIAL EXCEDENTE EN OBRA**".

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante al Grado de Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....

Obteniendo en consecuencia el Maestría la Nota de Diecisiete (17)  
Equivalente a Muy Bueno, por lo que se declara APROBADO  
(Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 7.30 p.m. horas del 30 de noviembre de 2018.

  
PRESIDENTE  
DNI N° 22465210

  
SECRETARIO  
DNI N° 22491216

  
VOCAL  
DNI N° 97951959

Leyenda:  
19 a 20: Excelente  
17 a 18: Muy Bueno  
14 a 16: Bueno

(Resolución N° 02795-2018-UNHEVAL/EPG-D)

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICA DE POSGRADO

### 1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL

Apellidos y Nombres: BONIFACIO MUNGUÍA, Jonathan Oscar  
 DNI: 46378040 Correo electrónico: Jonabony-bm@hotmail.com  
 Teléfono de casa: \_\_\_\_\_ Celular: 979101095 Oficina: \_\_\_\_\_

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

|   |
|---|
| <b>POSGRADO</b>   |
| Maestría: <u>MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE</u> |
| Mención: <u>GESTIÓN AMBIENTAL</u>                       |

Grado Académico obtenido: P

MAESTRO

Título de la tesis:

"APLICACIÓN DE CLORURO DE CALCIO PARA EL CONTROL DE PARTÍCULAS MENORES A 10µm GENERADO DURANTE EL PROCESO DE CARGA Y DESCARGA DE MATERIAL EXCEDENTE EN OBRA"

Tipo de acceso que autoriza el autor:

| Marcar "X"                          | Categoría de acceso | Descripción de acceso   |
|-------------------------------------|---------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | PÚBLICO             | Es público y accesible el documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio. |
| <input type="checkbox"/>            | RESTRINGIDO         | Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, mas no al texto completo.               |

Al elegir la opción "Público" a través de la presente autorizo de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web [repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe), por un plazo indefinido, consintiendo que dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

1 año     2 años     3 años     4 años

Luego del periodo señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 05 de diciembre de 2018

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del autor