



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

DETERMINACIÓN DE LA POSIBLE FACTIBILIDAD DE  
USO DEL BIOL EN RIEGO DE VÍAS, TANTAHUATAY,  
CAJAMARCA, 2016.

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autores:**

Alvaro Bravo Marina  
Karla Elizabeth Rojas Ruiz

**Asesor:**

Ing. Roberto Severino Gonzales Yana

Cajamarca – Perú  
2016

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los bachilleres Álvaro Bravo Marina y Karla Elizabeth Rojas Ruiz, denominada:

### **DETERMINACIÓN DE LA POSIBLE FACTIBILIDAD DE USO DEL BIOL EN RIEGO DE VIAS, TANTAHUATAY, CAJAMARCA, 2016.**

---

Ing. ROBERTO SEVERINO GONZALES YANA  
**ASESOR**

---

Ing. JOSÉ ALFREDO SIVERONI MORALES  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Ing. VÍCTOR EDUARDO ÁLVAREZ LEÓN  
**JURADO**

---

Ing. WILDER CHUQUIRUNA CHÁVEZ  
**JURADO**

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de investigación a nuestro docente de recursos humanos, el Dr. Iván Carrera Vega que en paz descansa.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a toda mi familia por su apoyo y comprensión durante estos años de estudios y a mis compañeros por ser siempre un grupo unido que se apoya mutuamente en todas las circunstancias, también a todos nuestros docentes de la carrera de Ingeniería de Minas de la UPN.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
<b>APROBACIÓN DE LA TESIS</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4. LIMITACIONES.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	5
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	5
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1. ANTECEDENTES.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1 <i>Disoluciones</i> .....	6
2.2.2 <i>Equilibrio De Fases En Sistemas De Un Componente</i> .....	6
2.2.3 <i>Equilibrio De Fases En Sistemas Multicomponente</i> .....	8
2.2.4 <i>Disminución De La Presión De Vapor</i> .....	8
2.2.5 <i>Costo Ambiental Del Riego De Vías</i> .....	9
2.2.6 <i>Costo Económico Del Riego De Vías</i> .....	9
2.2.7 <i>Efectividad Del Riego De Vías</i> .....	9
2.2.8 <i>Otros Productos Para El Control Del Polvo</i> .....	10
2.2.9 <i>Composición Del Biol</i> .....	12

2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	14
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS .....</b>		<b>16</b>
3.1.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	16
3.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	16
3.2.1	<i>Variable Independiente:</i> .....	16
3.2.2	<i>Variables Dependientes:</i> .....	16
<b>CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>17</b>
4.1.	TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	17
4.2.	MATERIAL DE ESTUDIO.....	17
4.2.1.	<i>Unidad De Estudio.</i> .....	17
4.2.2.	<i>Población.</i> .....	17
4.2.3.	<i>Muestra.</i> .....	17
4.3.	MÉTODOS.....	17
4.3.1.	<i>Técnicas De Recolección De Datos Y Análisis De Datos</i> .....	17
4.3.2.	<i>Procedimientos.</i> .....	18
<b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>		<b>20</b>
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN.....</b>		<b>28</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>31</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>32</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>33</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>34</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla n.º 1. Cálculo del uso hipotético de EK 35 en las vías de la Unidad Minera Tantahuatay.....	11
Tabla n.º 2. Composición Química Del Biol .....	12
Tabla n.º 3. Tabla Analisis De Metales Del Biol. ....	13
Tabla n.º 4. Analisis De Materia Organica Liquida .....	14
Tabla n.º 5. Operacionalización De Variables .....	16
Tabla n.º 6. Datos Experimentales .....	24
Tabla n.º 7. Calculo De Incremento De Tiempos De Secado .....	25
Tabla n.º 8. Calculo De Estadísticos.....	26
Tabla n.º 9. Costo Económico. ....	28
Tabla n.º 10. Consumo de agua no potable en apoyo y riego de vías año 2015.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura n.º 1. Disminución de la presión de vapor (st. no electrolito) .....	08
Figura n.º 2. Vía Recién Regada .....	18
Figura n.º 3. Vía Al Momento De Detener El Cronómetro. ....	19
Figura n.º 4. Tanques De Biol .....	20
Figura n.º 5. Materia Para Compostaje.....	21
Figura n.º 6. Espuma Formada Por El Biol Tras El Riego .....	21
Figura n.º 7. Carguío De Biol.....	22
Figura n.º 8. Cisterna En Riego De Vías.....	23
Figura n.º 9. Plano De Ubicación.....	Anexo 2

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico n.º 1. Precio Del Oro .....	2
Gráfico n.º 2. Equilibrio De Fases En Sistemas De Un Componente.....	7
Gráfico n.º 3. Equilibrio De Fases En Sistemas De Un Componente.....	7
Gráfico n.º 4. Tiempos De Secado En Clima Nublado.....	26
Gráfico n.º 5. Tiempo De Secado .....	27

## RESUMEN

El biol es un lixiviado orgánico que se genera como subproducto del proceso de compostaje de la materia orgánica. Como parte de su compromiso ambiental, todos los residuos orgánicos generados en la Unidad Productiva Tantahuatay (U.P. Tantahuatay) son destinados a la generación de compost, el cual se utiliza para apoyar a los agricultores locales y en los procesos de revegetación. Este proceso constante de compostaje genera una cierta cantidad de biol, al cual no se da uso actualmente.

Se ha sugerido que el biol puede utilizarse para aumentar la eficacia del riego de vías, ya que al ser mezclado con el agua, de acuerdo a los principios de la termodinámica (disminución de la presión de vapor) podría hacer que el agua tarde más en evaporarse, haciendo que las vías permanezcan húmedas durante un mayor tiempo, disminuyendo así la cantidad de agua destinada a este fin y la generación de polvo.

Sin embargo no se ha podido hallar ningún estudio publicado que confirme o desmienta la eficacia del uso de biol en riego de vías. Por tanto en el presente estudio se analizó si el uso de biol en riego de vías resulta beneficioso para la UP Tantahuatay. Esto se realizó mediante un estudio pre-experimental con diseño cuasi experimental tipo C2: Diseño con preprueba, postprueba y grupos intactos.

Como población de estudio se han considerado todas las vías de la UP Tantahuatay, y como muestra, 1 km de dichas vías, se recolectaron los datos de esta muestra mediante observación directa y se registraron en una tabla diseñada específicamente para la ocasión. Hay que tener en cuenta que estos datos se han considerado confiables únicamente cuando las circunstancias externas, específicamente las climáticas, han permanecido constantes.

Al haberse obtenido un reducido número de observaciones que cumplan estos criterios, la prueba de hipótesis se ha realizado mediante la t de Student, obteniéndose como resultado que la hipótesis se rechaza para una confianza del 95%.

La conclusión obtenida es que no puede asegurarse que el uso de biol sea recomendable para el riego de vías en la UP Tantahuatay.

## ABSTRACT

The biol is an organic lixivate which is generated as a subproduct of the organic matter's transformation in organic fertilizer. As part of his environmental program, the organic waste generated by UP Tantahuatay are sent to the recycling area, where they are make into organic fertilizer, which is used to support local farmers and in recently recovered areas. As a derivative in this process, a liquid product, called boil, is obtained.

Nowadays, biol is considered waste, despite the fact that some studies found that it could be used as a liquid organic fertilizer. It has been also suggested that, according to thermodynamics, biol could be used as an additive to water in watering trucks, in order to increase road watering efficiency. Mixing water and biol will result in the roads keeping wet more time, reducing dust control cost.

However, we weren't able to found any published study that either confirms o denys the efficiency of biol as a dust control agent.

This study we analyzed if biol is useful as a dust control agent in UP Tantahuatay.

Data was collected by direct observation and recorded in a table. We have to remark that this data has been considered reliable only when external circumstances like climate remains stable.

Due to the small amount of reliable data, we made the hypothesis test through the Student's test with an al alpha value of 0.05.

Conclusion is that we can not assure that biol would be usefull as a dust control agent in UP Tantahuatay.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Uno de los aspectos ambientales más significativos presente en la minería es la generación de polvo debido a la pérdida de cubierta vegetal. Retirar esta cubierta vegetal es el primer paso en la construcción de cualquier elemento de una mina (PAD, bocaminas, tajo, planta, campamentos, vías de acceso etc.) El paso de vehículos por estas áreas descubiertas es la principal fuente de polvo en una unidad minera, junto a otras menos importantes como el carguío, las voladuras etc.)

Dado que la pavimentación de estos accesos y vías no es una opción realista, por los costos elevadísimos y el constante cambio de ubicación de los mismos, el riego de vías utilizando cisternas de agua es la opción contemplada en prácticamente todas las unidades mineras del país.

No obstante, a pesar de ser eficaz, el uso masivo de agua para riego mediante cisternas genera problemas ambientales adicionales:

- Aumento de costos en equipos y consumo de combustible.
- Baja eficiencia (las vías permanecen húmedas aproximadamente 30 minutos después del paso del cisterna en días soleados)
- Incrementa el consumo de agua y disminuye la cantidad disponible para las comunidades.

Si se lograra aumentar el tiempo en el que las vías permanecen húmedas, se disminuiría el impacto de todos estos problemas.

En la actualidad, la industria minera a nivel internacional debe preocuparse cada día más de la problemática asociada al impacto ambiental de sus actividades. Esto se refleja no solo en regulaciones ambientales cada vez más rígidas en muchos países, sino en una presión cada vez mayor por parte de sus stakeholders (comunidades, ONG, clientes, inversionistas etc.) que exigen operaciones mineras que cumplan no solo la ley local, sino los más exigentes estándares internacionales.

En los últimos años la práctica totalidad de las grandes empresas mineras en Perú han implementado estos estándares, lo cual lógicamente ha tenido un costo económico, si bien los beneficios superan con creces la inversión, aunque estos beneficios tiendan a ser intangibles (mejores relaciones con la comunidad y el estado, prestigio de cara a clientes e inversionistas etc.).

Sin embargo, recientemente el descenso generalizado de los precios de los metales ha provocado una drástica caída en las utilidades del sector minero, lo cual ha obligado a buscar soluciones para mantener los estándares ambientales a costo lo más bajo posible.

**Gráfico n.º 1.**

**Precio del Oro**



***Billion Vault (2003-2016) 12th Floor, Landmark House, Blacks Road, Hammersmith,  
Londres W6 9DP <https://oro.bullionvault.es/Precio-del-oro.do>***

A nivel nacional, las exigencias medioambientales se han reforzado notablemente en el plano legal, debido a la puesta en práctica de la Ley General del Ambiente en el año 2005, que dota de competencias fiscalizadoras en materia ambiental al Ministerio de Medio Ambiente, a través de la OEFA, labor que antes sólo recaía en el Ministerio de Energía y Minas.

A nivel regional, Cajamarca vive actualmente un estado de conflicto permanente alrededor del manejo ambiental de la industria minera, lo cual genera un interés y una fiscalización sin precedentes de las actividades extractivas por parte de la población y específicamente, del manejo ambiental de las mismas.

A nivel local, las vías utilizadas por la unidad minera se encuentran en parte en terrenos de comuneros de la zona y pasan a escasos metros de sus casas, cultivos y ganado, por lo que el control del polvo es algo fundamental. Esto es debido a que el polvo generado por las vías es un tipo de contaminación detectable a simple vista por los comuneros desde sus propias casas. Esto, unido al clima antiminero regional y a un perceptible ánimo de lucro por parte de algunos de los comuneros locales, hace que el control del polvo sea importante también desde el punto de vista económico.

Debido a todo lo mencionado, la necesidad de reducir costos económicos se ha hecho cada vez más fuerte, lo cual es necesario realizar manteniendo la calidad del compromiso ambiental.

Dentro de este compromiso, en la U.P. Tantahuatay se destacan varios aspectos ambientales, entre los cuales está la generación de polvo, producido mayoritariamente por el movimiento de equipo pesado, y la generación de residuos sólidos, entre ellos los residuos orgánicos.

El polvo se controla mediante el riego constante de vías, el cual tiene un costo económico elevado, así como ambiental debido al consumo de agua, los residuos sólidos son separados y en el caso de los orgánicos, se llevan a composteras ubicadas en la unidad a fin de obtener abonos orgánicos, y como resultado de este proceso, se obtiene otro residuo líquido, el biol.

## 1.2. Formulación del Problema

¿Es posible el uso de biol como aditivo al agua en riego de vías reduciendo al mismo tiempo costos?

### 1.3. Justificación

Actualmente no se dispone de información teórica cuantitativa clara en campo sobre la eficacia del uso del biol como aditivo en el agua de riego. A pesar de que en Tantauatay se utiliza ocasionalmente, no existe ningún estudio académico riguroso y detallado.

Actualmente existen problemas ambientales a los que podría aplicarse el presente estudio de manera directa e inmediata, ya que proporciona una herramienta para disminuir los costos asociados a los procesos extractivos, tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

Se reduciría la generación de polvo en caso de que no se disponga de suficientes equipos para un regado constante de todas las vías. Asimismo se requeriría de un menor consumo de agua para mantener las vías húmedas, ya que serán necesarias menos pasadas de la cisterna en cada tramo de vías.

Por último, se necesitaría un menor número de horas máquina y una menor cantidad de combustible para realizar el control de polvo con la misma eficiencia que se realizaba sin el biol.

Cualitativamente, saber si el uso del biol es o no efectivo abre las puertas a nuevas investigaciones, como por ejemplo su uso combinado con otros aditivos, la optimización de su uso etc. Desde el punto de vista académico el estudio debe realizarse a fin de que la información esté disponible para la comunidad académica y aquellos ingenieros particulares y empresas que deseen informarse sobre el uso de biol en riego de vías.

### 1.4. Limitaciones

- El clima es variable, lo cual dificulta la comparación entre las mediciones de tiempos de secado con y sin biol. De obtenerse diferencias significativas entre ambos tiempos, deben poder ser atribuibles únicamente a la presencia del biol en el agua, no a otros factores. Este factor puede ser controlado haciendo las

medidas siempre con el mismo clima y limitándose solo a la vía en la cual se realiza las pruebas del uso del biol (17.3 kl.)

- Disponibilidad de equipos: En ocasiones las cisternas son asignadas a destinos o rutas no habituales, lo cual complica la programación de las pruebas. Esto se controla programando un 50% más de pruebas de las estrictamente necesarias, a fin de tener un margen para imprevistos.
- Disponibilidad de biol: En ocasiones no se dispone de biol para la realización de las pruebas, esto se controla mediante la coordinación constante con la empresa especializada (Transportes JJ Quiroz) que está encargada de la fabricación del biol.

A pesar de estas limitaciones se logró realizar un trabajo válido ya que se lograron obtener datos en circunstancias de clima constante, tanto nublado como soleado, en un punto específico de la vía. La disponibilidad de biol solo resultó problemática en una ocasión, lo cual no afectó de forma importante a la realización de las pruebas experimentales.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General

- Evaluar si es posible la factibilidad del biol en riego de vías para disminuir los costos y aumentar su eficiencia ambiental.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Comprobar si el uso del biol en riego de vías disminuye los costos del proceso.
- Comprobar si el uso del biol en vías reduce el consumo de agua del proceso.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Los antecedentes en el uso de aditivos para el riego de vías son comunes en diversas minas del entorno, siendo los más comunes diversos cloruros. El uso del biol en cambio es relativamente nuevo, si bien se han realizado experimentos esporádicos en Minera Coimolache y Minera Yanacocha, no se ha publicado un estudio sistemático que permita cuantificar el beneficio obtenido si es que existe.

Actualmente en CMC se está utilizando únicamente una gran cantidad de agua clase 3, que podría ser liberada al medio ambiente y aumentar el caudal disponible para la comunidad, especialmente en los meses de estiaje cuando es más necesaria.

### 2.2. Bases Teóricas

#### 2.2.1 Disoluciones

Al añadir el biol al agua de la cisterna, pasamos de tener una sustancia pura a una disolución. Por tanto, las bases teóricas del aumento del tiempo de evaporación de la mezcla hay que buscarlas en la química de las disoluciones, concretamente en la termodinámica asociada a los cambios de fase. Levine. (2004). Usualmente para estudiar estos cambios de forma teórica se expresa la concentración de las disoluciones en fracción molar.

$$X = \frac{N_{\text{mole soluto}}}{N_{\text{mole totales}}}$$

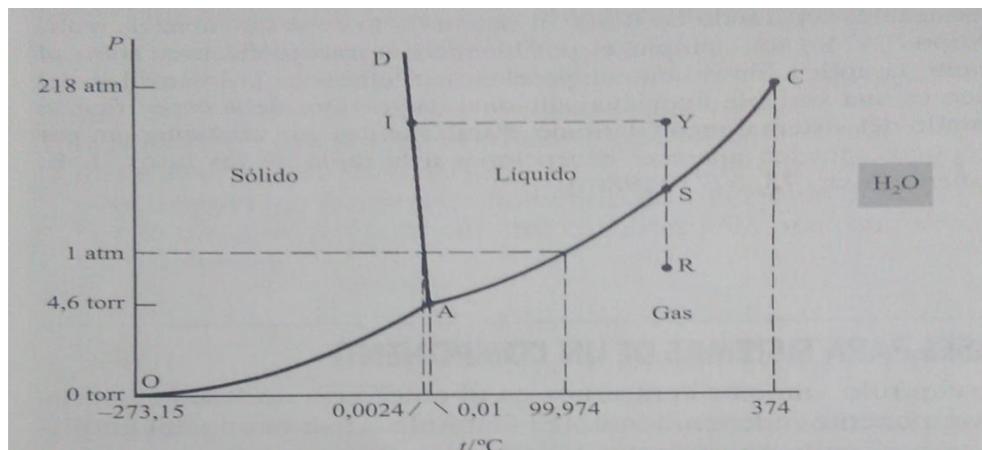
#### 2.2.2 Equilibrio De Fases En Sistemas De Un Componente

Cuando estudiamos la evaporación del agua pura (despreciando las pequeñas cantidades de sales y otros compuestos siempre presentes en la naturaleza) estamos estudiando de hecho un sistema de un componente con dos fases (agua líquida y agua gaseosa o vapor). La termodinámica ha estudiado ampliamente estos sistemas, que son por tanto bien conocidos.

El paso de una sustancia de líquido a gas depende de la energía que recibe, que a su vez depende de la temperatura a la que se encuentre, pero depende también de la presión del entorno, en nuestro caso la presión atmosférica. Esto se representa mediante diagramas de fases. Levine. (2004)

**Gráfico n.º 2.**

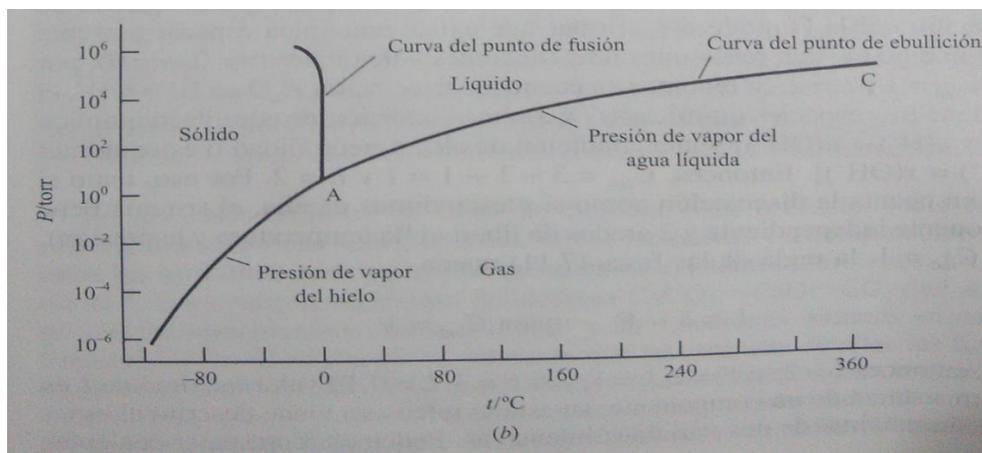
**Equilibrio De Fases En Sistemas De Un Componente**



**Ira N. Levine. (2004) Físicoquímica. (Quinta edición). Madrid, España. McGraw-Hill**

**Gráfico n.º 3.**

**Equilibrio De Fases En Sistemas De Un Componente**



**Ira N. Levine. (2004) Físicoquímica. (Quinta edición). Madrid, España. McGraw-Hill**

Estos diagramas nos dan una idea del comportamiento de la sustancia en diversas condiciones de presión y temperatura. No obstante, se refieren a situaciones de equilibrio, las cuales no encontramos en la práctica en el sistema a estudiar (agua evaporándose en la atmosfera)

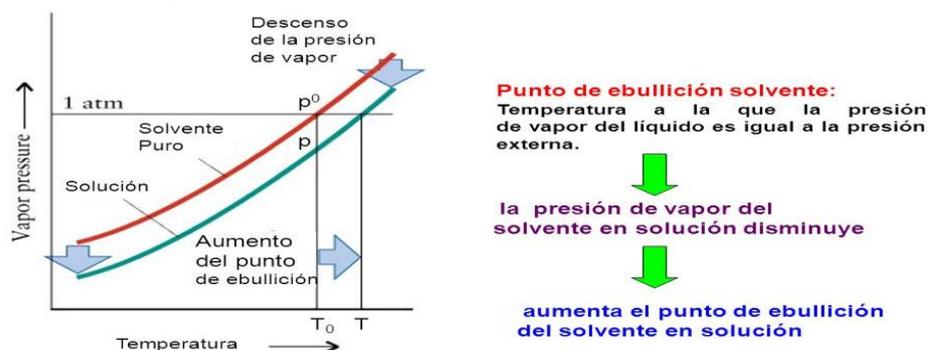
### 2.2.3 Equilibrio De Fases En Sistemas Multicomponente

Al mezclar el agua con el biol, pasamos a estar ante un sistema multicomponente, cuyo comportamiento resulta ser diferente al del sistema de un solo componente. En este caso, se hacen presentes las propiedades coligativas, que son un grupo de propiedades interrelacionadas de las disoluciones: presión de vapor, punto de ebullición, punto de congelación y presión osmótica. En este caso, la que más nos interesa es la presión de vapor, ya que es la que nos da una idea de la facilidad con la que nuestra disolución se evapora. Levine. (2004)

### 2.2.4 Disminución De La Presión De Vapor

El aumento de la concentración de soluto provoca una disminución de la presión de vapor y por lo tanto, una disminución de la evaporación, permitiendo que el agua mantenga la vía en estado de humedad por más tiempo.

#### Disminución de la presión de vapor (st. no electrolito)



**Figura n.º 1. Ira N. Levine. (2004) Físicoquímica. (Quinta edición). Madrid, España. McGraw-Hill**

### **2.2.5 Costo Ambiental Del Riego De Vías**

El agua es un recurso escaso y mal distribuido en el Perú, con grandes avenidas en invierno y gran escasez en periodo de estiaje. Su ausencia en la unidad minera puede provocar incluso la paralización total de la producción, así como conflictos sociales con las comunidades.

Por tanto, a fin de evitar el impacto ambiental del polvo, estamos causando un nuevo impacto en forma de disminución de recursos hídricos, que podría en casos extremos afectar a la producción al disminuir la cantidad de agua en reserva durante el periodo de estiaje.

Actualmente se utilizan aproximadamente dos millones de galones de agua por mes en el riego de vías.

### **2.2.6 Costo Económico Del Riego De Vías**

Actualmente se cuenta con los servicios de una empresa que dispone de tres cisternas para riego de vías, además de una cuarta cisterna perteneciente a Emaco que brinda el mismo servicio de forma casi exclusiva.

El costo aproximado de esas cisternas incluyendo costo directo e indirecto, es de USD 63.000 mensuales, con un costo por km regado de USD 3617.00 por km y mes.

### **2.2.7 Efectividad Del Riego De Vías**

Una amplia gama de impactos negativos indirectos ha sido atribuida al uso de los caminos y carreteras sin pavimentar. Entre ellos se pueden citar: la generación de polvo en la época de verano y la formación de lodo en la época de invierno.

Aunque en algunos casos se optó por la pavimentación de la vía (ej Yanacocha), con una carpeta asfáltica en caliente de 2" (5cm.) de espesor

con un alto costo económico (Revista Seguridad Minera, 2012), esto está fuera del alcance de la mayoría de las empresas mineras actualmente.

Asimismo la pavimentación puede no ser efectiva, como el caso de Tantauatay, que pavimentó el Haul Road en noviembre de 2014, durando dicho pavimento apenas unos meses debido al tránsito de volquetes cargados a gran velocidad.

El riego de vías únicamente con agua pura, tal como se viene realizando actualmente, no es tampoco eficaz, ya que el rápido secado de la vía implica que se genera polvo en la misma mucho antes del siguiente regado.

### **2.2.8 Otros Productos Para El Control Del Polvo**

Actualmente existen soluciones industriales para el control de polvo que son producidas y comercializadas por diversas empresas. Estos productos son sintetizados específicamente para este propósito, tratándose de productos orgánicos que funcionan como aglomerantes. Al producir este efecto, reducen la generación de polvo incluso cuando la superficie está seca y evitan también la erosión causada por fenómenos naturales como la lluvia y el viento.

Estos productos sintéticos en general polímeros obtenidos a partir de petróleo, tienen un costo aproximado de 5 dólares por litro y se utiliza un litro por metro cuadrado (producto EK35,).

La duración de acuerdo al estudio realizado es de un año pero se desconoce el efecto que tendrían lluvias fuertes y permanentes sobre el producto (Midwest Industrial Inc, 2013) Esto da en el mejor de los casos un costo de 5 USD al año por metro cuadrado.

**Tabla n.º 1**

**Cálculo del uso hipotético de EK 35 en las vías de la Unidad Minera  
Tantahuatay**

Km Vía	Anchura promedio	m2	Costo m2 y mes	Costo USD/mes
17000	5	85000	0.4167	35416.67

Como puede verse el costo de utilizar un producto industrial es diez veces superior al coste actual por lo que es inaplicable desde el punto de vista económico. Adicionalmente su aplicación requiere de la limpieza con una brocha y un compresor de aire, lo cual aumentaría aún más los costos.

Otro tipo de productos que existen actualmente son derivados de lixiviados orgánicos como el biol, que se comercializan con propósitos de estabilización de suelos en seco (no mezclado con agua) y tienen costes similares a los polímeros derivados del petróleo. Estos productos tienen la gran ventaja de ser biodegradables.

Otra gama de productos se comercializa para ser mezclado con agua y aumentar el tiempo que esta tarda en evaporarse, en línea con lo que se investigó en el presente estudio. La empresa Brakel Construction Products ([http://www.brakelcp.com/haul\\_road\\_dust\\_control.html](http://www.brakelcp.com/haul_road_dust_control.html)) dice que su producto Haul Road Dust Control puede aumentar el tiempo que las vías permanecen húmedas en más de un 100%, con un efecto acumulativo adicional, al activarse el producto en cada riego después de que se evaporó el agua tras el riego inicial con el mismo.

Se ha descrito también el uso de microorganismos para la fijación del polvo (Meyer, F., Bang, S., Min, S., Stetler, L., and Bang, S. (2011)) pero hasta la actualidad no se dispone de soluciones industriales basadas en este tipo de controles.

### 2.2.9 Composición Del Biol

La composición química del biol depende mucho de los residuos orgánicos a partir de los cuales se obtiene. No existe un análisis completo de la composición de la materia orgánica del biol obtenido en Tantahuatay, pero se ha encontrado bibliografía de biol obtenido a partir residuos relacionados:

**Tabla: 2**

**Composición Química Del Biol**

Componente	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4
pH	7.96	8.1	No menciona	6.7 – 7.9
Materia Seca	4.18 %	4.2	No menciona	1.4%
Nitrógeno total	2.63 g/Kg.	2.4 g/Kg	0.2 g/kg	0.9 g/Kg
NH <sub>4</sub>	1.27 g/Kg.	1.08 g/Kg.	No menciona	No menciona
Fósforo	0.43 g/Kg.	1.01 g/Kg	0.076 g/kg	0.048 mg/Kg
Potasio	2.66 g/Kg.	2.94 g/Kg	4.2 g/kg	0.29 mg/Kg
Calcio	1.05 g/Kg.	0.50 g/Kg	0.056 g/Kg	2.1 g/Kg
Magnesio	0.38 g/Kg.	No menciona	0.131 g/kg	0.135%
Sodio	0.404 g./Kg.	No menciona	2.1 g/kg	No menciona
Azufre	No menciona	No menciona	6.4 mg/Kg	0.33 mg/l

**Fuente 1: Biol de estiércol de vacuno (Potsch, 2004)**

**Fuente 2: Biol de mezcla de sustratos: Estiércol de vacunos y restos de comida casera (Zethner, G., 2002)**

**Fuente 3: Biol de banano promedio hojas, tallos y frutos Clark et. Al (2007)**

**Fuente 4: Biol de Estiercol de vacuno. ITINTEC, 1980**

**Aparcana, S (2008) "Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso "Fermentación anaeróbica" para la producción de biogás.**

- ✓ Para el biol generado a partir del compostaje en Tantahuatay, la mas referible seria la fuente número dos, ya que incluye restos de comida casera.

Si se dispone de un análisis de metales del biol generado en Tantahuatay, realizado por ICP-MS en el laboratorio de SGS en Lima:

**Tabla n.º 3**

**Tabla Analisis De Metales Del Biol**

SGS del Perú S.A.C.		
División Laboratorio		
Departamento Medio Ambiente		
Orden:	MA1317360	
Cliente:	COMPANIA MINERA COIMOLACHE S.A.	
Numero de Muestras:	1	
Lugar y Fecha de Recepción:	Proyecto Tantahuatay	
Fecha de Reporte:	12:00:00 a.m.	

<b>Elemento</b>	<b>Unid.</b>	<b>Cantidad</b>
Potencial redox	mV	110.9
Aluminio Total	mg/L	1.22
Arsénico Total	mg/L	0.008
Boro Total	mg/L	0.2
Calcio Total	mg/L	142.861
Cadmio Total	mg/L	<0.0002
Cromo Total	mg/L	0.003
Cobre Total	mg/L	0.03
Hierro Total	mg/L	4.051
Mercurio Total	mg/L	<0.00004
Potasio Total	mg/L	462.8
Magnesio Total	mg/L	49.311
Manganeso Total	mg/L	0.2911
Molibdeno Total	mg/L	0.01284
Sodio Total	mg/L	471.85
Níquel Total	mg/L	0.011
Fósforo Total	mg/L	87.1
Plomo Total	mg/L	0.0087
Selenio Total	mg/L	0.002
Zinc Total	mg/L	0.581

Se dispone también de un análisis básico de los elementos de interés como abono foliar, realizado por el mismo laboratorio:

Tabla Analisis del biol como fertilizante

**Tabla n.º 4**

**Analisis De Materia Organica Liquida**

Tipo de inocular	pH	CE (dS/m)	Solidos Totales g/L	MO en Solucion g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L
Nº 01 ( 100 % EM Liquido)	3.71	9.68	48.32	40.56	1,159.20	330.18	1,500.00	296.00	140.00	1,500.00
Nº 02 (100% EM Solido)	3.75	9.08	52.50	45.14	1,041.60	367.10	1,620.00	300.00	159.00	1,140.00
Nº 03 (Estiércol + 20% EM Liquido)	3.74	12.10	65.98	56.96	1,198.40	474.92	1,400.00	360.00	172.00	1,540.00

**2.3. Definición De Términos Básicos**

- Ayudante de cisterna: Personal entrenado y capacitado en el llenado del tanque de la cisterna.
- Biol: “El biol es un abono orgánico líquido, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales: guano, rastrojos, etc., en ausencia de oxígeno. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para lograr éste propósito son los biodigestores.” (INIA, 2008).
- Cisterna de agua: Camión adaptado para cargar agua mediante garza o succión con bomba y regarla utilizando aspersores situados en su parte posterior.
- CMC: Compañía Minera Coimolache: Empresa titular del proyecto Tantahuatay, la cual es filial de Compañía de Minas Buenaventura.
- Garza: Sistema de carguío de agua compuesto por una electrobomba y una tubería elevada con forma de U, bajo la cual se ubica la cisterna de agua para su llenado.

- Operador de cisterna: Personal entrenado y capacitado en la conducción de la cisterna.
- Polvo: Nombre genérico para partículas sólidas de menos de 500 micras, las cuales pueden penetrar a los pulmones y causar enfermedades.
- Succión de agua: Sistema que emplea una bomba instalada en la cisterna para el llenado de la misma sin equipos externos.
- Tiempo de secado: Tiempo que transcurre entre el riego de la cisterna hasta que el paso de vehículos pesados levanta polvo.
- Vía: Camino o carretera no pavimentado utilizado para el tránsito de vehículos y equipos pesados en mina.

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación De La Hipótesis

- Evaluando la factibilidad del uso de biol determinaremos la mejora de la eficiencia de riego de vías en la Unidad Minera Tantahuatay.

### 3.2. Operacionalización De Variables

#### 3.2.1 Variable Independiente:

- Factibilidad del uso del biol.

#### 3.2.2 Variables Dependientes:

- Eficiencia del riego de vías.

Tabla n.º 5.

#### Operacionalización De Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Factibilidad del uso del biol	Posibilidades que tiene de lograrse un determinado proyecto	Mezcla de agua/biol	Litros de biol cargados en la cisterna.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Eficiencia del riego de vías.	Mejoramiento de riego	Tiempo de secado con y sin biol en climas varios (sol, nublado, etc.)	Minutos

## **CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo De Diseño De Investigación.**

La investigación es experimental con diseño cuasi experimental - Tipo C2: Diseño con preprueba, postprueba y grupos intactos.

### **4.2. Material De Estudio.**

#### **4.2.1. Unidad De Estudio.**

- 1 kilómetro de vías de CMC.

#### **4.2.2. Población.**

- Los km de vías de CMC.

#### **4.2.3. Muestra.**

- 17.3 km de vías de CMC.
- ❖ Esta distancia cuenta con una composición uniforme y es accesible además de ser la zona donde se realizan las pruebas de uso de biol.

### **4.3. Métodos.**

#### **4.3.1. Técnicas De Recolección De Datos Y Análisis De Datos**

- Se agregaron gráficos para hacer los datos más intuitivos y comprensibles, así como para facilitar la comparación.
- Se utilizaron tablas en hojas de cálculo a fin de analizar los datos obtenidos y gráficos para hacerlos más intuitivos y comprensibles, así como para facilitar la comparación.
- Se realizó un cuadro comparativo de las pruebas con biol y sin biol, teniendo en cuenta aquellas en las que las circunstancias externas (clima) permanezcan constantes y no afecten al resultado del experimento.

- Una vez realizado se compararon aquellas parejas o grupos de valores, con y sin aplicación del biol, que tengan características climáticas iguales.
- Como medida de tendencia central se utilizó la media aritmética.
- Como medida de dispersión se utilizó el rango.
- Para la prueba de hipótesis se realizó una prueba de diferencia de medias utilizando el estadístico t de Student, ya que se dispone de menos de 30 datos.

#### 4.3.2. Procedimientos.

La recolección de datos de tiempos de secado se realizará de la siguiente forma:

- Se esperará el paso de la cisterna en un punto determinado de la vía, totalmente seco.
- En el momento que pasa la cisterna, se pondrá en marcha el cronómetro.

#### Vía Recién Regada



**Figura n.º 2**

- Se esperará a que los vehículos al pasar levanten polvo en ese punto, momento en el cual se detendrá el cronómetro.

### Vía Al Momento De Detener El Cronómetro



**Figura n.º 3**

- El tiempo que marque el cronómetro será el tiempo de secado.

## **CAPÍTULO 5. DESARROLLO**

Las pruebas se realizaron en la Unidad Minera Tantahuatay, ubicada en el distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, Cajamarca. El acceso a esta unidad se realiza desde la ciudad de Cajamarca recorriendo durante aproximadamente una hora y media la ruta 3N (carretera a Bambamarca) parcialmente asfaltada y durante 20 minutos la vía de acceso principal a Tantahuatay, que parte de la Posada San Antonio y termina en el puesto de control Bravo 1, pasando por el campamento América. Es en el km 3 de esta vía que se realizaron las pruebas con el biol (ver anexo 2)

El recorrido tiene una distancia de 85km. Una ruta de acceso alternativa existe a través del centro poblado El Tingo. En primer lugar se coordinó la realización de las pruebas con las áreas de Medio Ambiente, Operaciones Mina y Recursos Humanos. Para el suministro de biol se recibió el apoyo del personal del área de transferencia de residuos, encargados de la fabricación y almacenamiento del biol.

Para la realización de las pruebas se dispuso de una cisterna de agua de 5000 galones, la cual se cargaba en primer lugar con agua en la garza., proceso que tomaba aproximadamente 5 minutos. Posteriormente la cisterna se trasladaba hasta el área de transferencia, donde por succión se cargaban 1000 l de biol de sus tanques de almacenamiento, los cuales son depósitos plásticos de 1000 l con una tapa superior.

### **Tanques De Biol**



**Figura n.º 4**

El biol es un líquido incoloro de viscosidad similar a la del agua y un olor afrutado, que tiende a formar espuma al ser mezclado con el agua, motivo por el cual se cargó después de ella. El biol se obtiene del compostaje de materia orgánica.

### **Materia Para Compostaje**



**Figura n.º 5**

### **Espuma Formada Por El Biol Tras El Riego**



**Figura n.º 6**

Estas propiedades permiten que sea cargado por la misma cisterna sin necesidad de realizar ningún tipo de modificación en la misma.

El carguío del biol dura aproximadamente 30 segundos, pero toma unos dos minutos introducir y sacar la manguera del tanque de biol, y otros dos el cuadrado y salida del camión cisterna, por lo que el tiempo total que se emplea en el proceso es de unos cinco minutos.

El ayudante de cisterna se ocupa de instalar la manguera de succión, pero es el personal del área de compostaje, provisto del EPP específico adecuado (traje tivex, guantes hycron) el que introduce la manguera en el tanque y realiza la manipulación del mismo. El operador de la cisterna verifica el proceso y activa la bomba de succión.

### Carguío De Biol



**Figura n.º 7**

Una vez retirada la manguera, la cisterna se dirige al punto de pruebas, donde previamente se han realizado pruebas de tiempo de secado sin utilizar el biol.

La metodología es la misma en ambos tipos de pruebas, con biol y sin él. La cisterna empieza a regar aproximadamente 500m antes del punto, y en el momento que pasa por el mismo, se activa el cronómetro.

Dado que el tránsito en esa vía es constante, se espera la aparición de polvo visible, parando en ese momento el cronómetro. El tiempo obtenido es el tiempo de secado.

Actualmente las cisternas riegan esta vía aproximadamente 5 veces por día, lo cual resulta insuficiente dado que claramente se observa la presencia de polvo, e incluso la vía totalmente seca durante casi todo el día.

### **Cisterna En Riego De Vías**



**Figura n.º 8**

Los resultados obtenidos en las 16 mediciones realizadas son los siguientes:

Tabla n.º 6

**Datos Experimentales**

Mediciones en Campo							
Prueba	Fecha	Hora riego	Hora secado	Tiempo de secado	Clima	Lugar	Biol/l
1	01/09/2015	10:20	10:47	00:27	Sol	Poza 40000	0
2	01/09/2015	16:30	16:59	00:29	Sol	Poza 40000	0
3	04/09/2015	09:48	10:21	00:33	Sol/nubes	Poza 40000	0
4	07/09/2015	16:08	16:28	00:20	Sol	La Posada	0
5	11/09/2015	09:41	10:03	00:22	Sol/viento	Casa Rosada	0
6	11/09/2015	13:18	13:29	00:11	Sol/viento	Casa Rosada	0
7	16/09/2015	10:41	11:55	01:14	Nublado	Casa Rosada	0
8	16/09/2015	13:28	14:31	01:03	Nublado	Casa Rosada	0
9	17/09/2015	09:13	09:43	00:30	Sol/nubes	Casa Rosada	500
10	17/09/2015	14:16	15:41	01:25	Nublado	Casa Rosada	1000
11	24/09/2015	14:01	14:30	00:29	Sol/nubes	Casa Rosada	1000
12	29/09/2015	10:01	11:19	01:18	Sol/nubes	Casa Rosada	1000
13	20/10/2015	09:58	11:06	01:08	Nublado	Casa Rosada	0
14	20/10/2015	08:14	08:39	00:25	Sol/viento	Casa Rosada	750
15	20/10/2015	10:35	10:59	00:24	Sol	Casa Rosada	0
16	20/10/2015	09:18	09:49	00:31	Sol	Casa Rosada	1000

En las pruebas realizadas se observa claramente un incremento en el tiempo de secado en las pruebas con biol. No obstante, a fin de cuantificar este aumento correctamente se deben considerar la influencia de otras variables, a fin de comparar valores adecuados.

Las pruebas 1, 2, 4 y 16 nos indican que el lugar donde se realiza la medición tiene una influencia importante, por lo que deben compararse valores obtenidos en el mismo punto. Este será el punto "Casa Rosada".

Las pruebas 16 y 8 demuestran una enorme influencia del clima, por lo que las pruebas deberán realizarse con el mismo clima.

Por ello, se compararon las pruebas 7,8 y 13 (punto Casa Rosada, clima nublado, sin biol) con la prueba 10 (punto Casa Rosada, clima nublado, con biol) y las pruebas 15 (punto Casa Rosada, clima soleado, 1000l de biol), y 16 (punto Casa Rosada, clima soleado, sin biol). El motivo de utilizar estas pruebas como base del estudio es que se han logrado controlar los factores externos como el clima, por lo que podemos establecer una causalidad entre la presencia o no de biol en el agua y el tiempo que la vía permanece húmeda.

Con estos datos se realizó la prueba de hipótesis, utilizando los datos con clima nublado al tenerse el mayor número de valores disponibles.

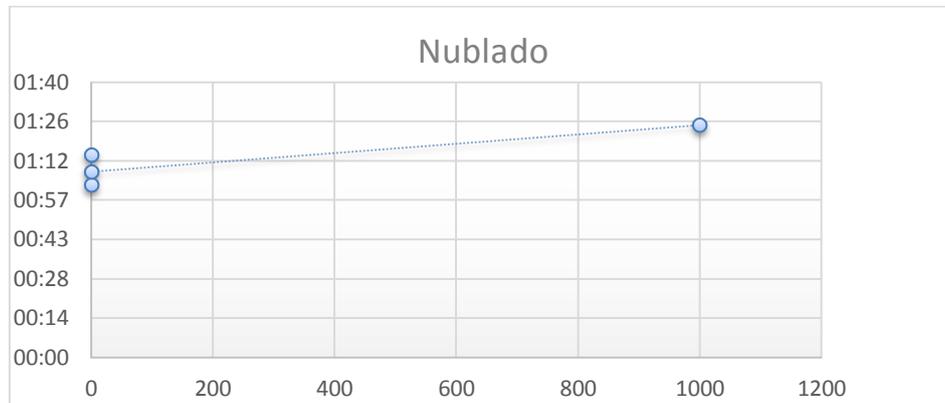
**Tabla n.º 7**

**Calculo De Incremento De Tiempos De Secado.**

Prueba	Tiempo de secado	Clima	Lugar	Biol
7	01:14	Nublado	Casa Rosada	0
8	01:03	Nublado	Casa Rosada	0
13	01:08	Nublado	Casa Rosada	0
Promedio	01:08			
Prueba	Tiempo de secado	Clima	Lugar	Biol
10	01:25	Nublado	Casa Rosada	1000
Diferencia	00:16			
% Diferencia	<b>24.39</b>			

**Gráfico n.º 4**

**Tiempos De Secado En Clima Nublado.**



- Hipótesis nula H0: El uso de biol aumenta la eficiencia del riego de vías para la unidad minera Tantahuatay.
- Hipótesis alternativa H1: El uso de biol no aumenta la eficiencia del riego de vías para la unidad minera Tantahuatay.

Se realiza la prueba t de Student utilizando el software Microsoft Excell, obteniéndose los siguientes resultados para un nivel de confianza del 95%: (alfa 0.05)

**Tabla nº 8.**

**Calculo De Estadísticos**

	Tiempo de secado	Litros de biol
<b>Media</b>	0,04745	0,059027778
<b>Varianza</b>	1,5E-05	
<b>Observaciones</b>	3	1
<b>Varianza agrupada</b>	1,5E-05	
<b>Diferencia hipotética de las medias</b>	0	
<b>Grados de libertad</b>	2	
<b>Estadístico t</b>	-2,6207	
<b>P(T&lt;=t) una cola</b>	0,05998	
<b>Valor crítico de t (una cola)</b>	1,88562	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0,11996	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	2,91999	

Para este caso debe utilizarse una prueba de dos colas, a fin de considerar el caso de que el biol redujese el tiempo de secado. Como puede observarse, el estadístico t calculado está dentro del intervalo de valor crítico (-2.91999 a 2.91999), lo cual quiere decir que no existe una diferencia significativa entre las medias con biol y sin biol. La hipótesis nula queda rechazada y se acepta la hipótesis alternativa.

- Por tanto podemos concluir sobre el objetivo general: el uso del biol en riego de vías no disminuye los costos del proceso al tiempo que aumenta su eficiencia ambiental.

Coherentemente, los objetivos específicos:

- No se comprueba que el uso del biol en riego de vías disminuya los costos del proceso
- No se comprueba que el uso de biol en riego de vías reduzca el consumo de agua del proceso.

Si representamos los valores gráficamente, podemos observar de forma intuitiva el resultado de la prueba t:

**Gráfico n.º 5.**



A simple vista se observa que en términos relativos no hay mucha diferencia entre las tres pruebas realizadas sin biol y la prueba con 1000 litros de biol.

## CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

A pesar de que inicialmente los datos llevaron a pensar que la hipótesis puede aceptarse, el análisis estadístico riguroso demuestra que no podemos asignar inequívocamente los aparentes aumentos del tiempo de secado a la presencia de biol en el agua.

Al no existir un aumento del tiempo de secado, no se obtendrá un ahorro económico, como muestra la tabla:

Tabla n.º 9

### Costo Económico

Costo Unitario	Horas Máquina	N Cist	Costo Directo	Costo Ind.	Total	Costo/km
54,52	220	4	47977,6	14393,28	62370,88	3617,8

Como se observa, el costo del proceso depende de las horas que se utiliza cada cisterna, si el biol no aumenta el tiempo de secado, las horas máquina son las mismas y por tanto no hay variación de costes.

El mismo razonamiento es aplicable al cálculo del consumo de agua:

Tabla n.º 10

### Consumo de agua no potable en apoyo y riego de vías año 2015

MES	GALON	LITROS	METRO CUBICO M3
ENERO	804.230,00	3.044.340,28	3.044,34
FEBRERO	995.375,00	3.767.902,48	3.767,90
MARZO	357.050,00	1.351.580,64	1.351,58
ABRIL	792.055,00	2.998.252,92	2.998,25

MAYO	581.620,00	2.201.670,16	2.201,67
JUNIO	1.982.915,00	7.506.146,27	7.506,15
JULIO	2.430.900,00	9.201.953,17	9.201,95
AGOSTO	2.365.450,00	8.954.198,08	8.954,20
SEPTIEMBRE	2.075.000,00	7.854.725,75	7.854,73
OCTUBRE	1.855.300,00	7.023.071,17	7.023,07
NOVIEMBRE	1.184.025,00	4.482.020,08	4.482,02
DICIEMBRE	-	-	-

**15.423.920,00   58.385.861,01   58.385,86**

***E. Salazar (2015) Informe de avance del Plan de Manejo Ambiental.***

Los aumentos observados podrían ser fruto del azar más que de una relación de causalidad, tal como demuestran los cálculos estadísticos realizados.

Este resultado viene dado también por la amplia distribución de los datos obtenidos, que nos demuestra una variabilidad elevada.

Al no disponerse de información cuantitativa previa en los antecedentes, no es posible realizar comparaciones con otros estudios. El marco teórico tampoco es capaz de proporcionar una predicción cuantitativa lo bastante fiable, ya que si bien el estudio del equilibrio de fases preciso, el estudio cinético del mismo es muchísimo más complicado.

Considerando lo anterior, puede concluirse que no merece la pena cambiar los procesos o invertir en utilizar el biol como aditivo en las aguas de riego. Sin embargo, la tendencia observada, aunque no sea estadísticamente significativa, hace sospechar de la posibilidad de que se cometa un error tipo I.

El rechazo de la hipótesis se debe en parte a una elevada varianza de los datos. Como se especifica en el apartado de limitaciones, el clima es la más importante fuente de error aleatorio, ya que incluso en dos días soleados, puede por ejemplo darse un índice ultravioleta distinto, lo cual podría afectar levemente al resultado.

El hecho de que la observación sea netamente visual también puede afectar a los resultados, ya que la percepción humana es susceptible de ser afectada por multitud de factores y por tanto no es tan fiable como una medición mecánica.

## CONCLUSIONES

- La conclusión respecto al objetivo general es que: El uso del biol en riego de vías no es factible.
- Respecto a los objetivos específicos, como consecuencia de lo anteriormente expuesto: No se comprueba que el uso del biol en riego de vías disminuya los costos del proceso.
- No se comprueba que el uso de biol en riego de vías reduzca el consumo de agua del proceso.

## RECOMENDACIONES

- Posponer el uso del biol hasta realizar más pruebas.
- Sería conveniente realizar dichas pruebas en un ambiente más controlado y medir la velocidad de secado con instrumentos adecuados. Se sugiere por ejemplo impregnar dos muestras de material de la vía con una cantidad de agua con biol y sin biol y realizar pesajes a intervalos de unos pocos minutos, a fin de obtener un abanico de datos más amplio y en circunstancias más invariables.
- Por ahora, se recomienda dedicar el biol a otras funciones de eficacia comprobada, por ejemplo como abono foliar en labores de revegetación o como apoyos a la comunidad, ya que el uso en vías, si bien no resultaría dañino, no resultaría en una aplicación útil y se estaría desperdiciando un recurso.
- Realizar futuros estudios utilizando un nivel de significancia menor en las pruebas estadísticas.

## REFERENCIAS

Aparcana, S. (2008) *“Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso “Fermentación anaeróbica” para la producción de biogás.*

Brackelcp.com Recuperado el 02/05/2016

[http://www.brackelcp.com/HAUL\\_ROAD\\_DUST\\_CONTROL.html](http://www.brackelcp.com/HAUL_ROAD_DUST_CONTROL.html)

Bullionvalut.es, recuperado el 13/02/2016 de:

<https://oro.bullionvault.es/Precio-del-oro.do?currency=USD&weight=oz&timeframe=1d>

Ira N. Levine. (2004) *Fisicoquímica*. (Quinta edición). Madrid, España. McGraw-Hill

Mariah E. Dorner. (2013), Third Millennium Alliance, Biol Manual Organic Liquid Fertilizer

Meyer, F., Bang, S., Min, S., Stetler, L., and Bang, S. (2011) Microbiologically-Induced Soil Stabilization: Application of *Sporosarcina pasteurii* for Fugitive Dust Control. *Geo-Frontiers* 2011: pp. 4002-4011.

Revista Seguridad Minera, (2012) *“Soluciones anti polvo y lodo”*

Sears Francis w., Zemanski Mark W., Young Hugh D. & Freedman Roger A. (2004). *Física Universitaria*. (Undécima edición). México. Pearson Educación

## ANEXOS

### ANEXO 1

Hualgayoc, 04/09/2015

RRHH y Medio Ambiente Cia Minera Coimolache

Por la presente solicito el apoyo de Vd para realizar en Cia Minera Coimolache mi tesis, que lleva por título:

"USO DE BIOL PARA MEJORAR EL RIEGO DE VIAS Y REDUCIR LA GENERACIÓN DE POLVO EN LA UNIDAD MINERA TANTAHUATAY"

para optar al grado de Ingeniero de Minas en la Universidad Privada del Norte.

Para ello solicito la información relacionada a la elaboración del biol, así como el uso del mismo en la cisterna de agua de Emaco a fin de poder determinar su eficacia como aditivo al agua utilizada en el riego de vías.

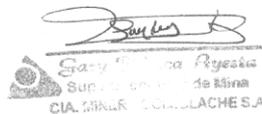
Asimismo me comprometo a no revelar ninguna información confidencial de CMC a la que pudiera tener acceso durante la realización de la tesis indicada.



Atentamente

Álvaro Bravo Marina

000706283



## ANEXO 2

### Plano de ubicación

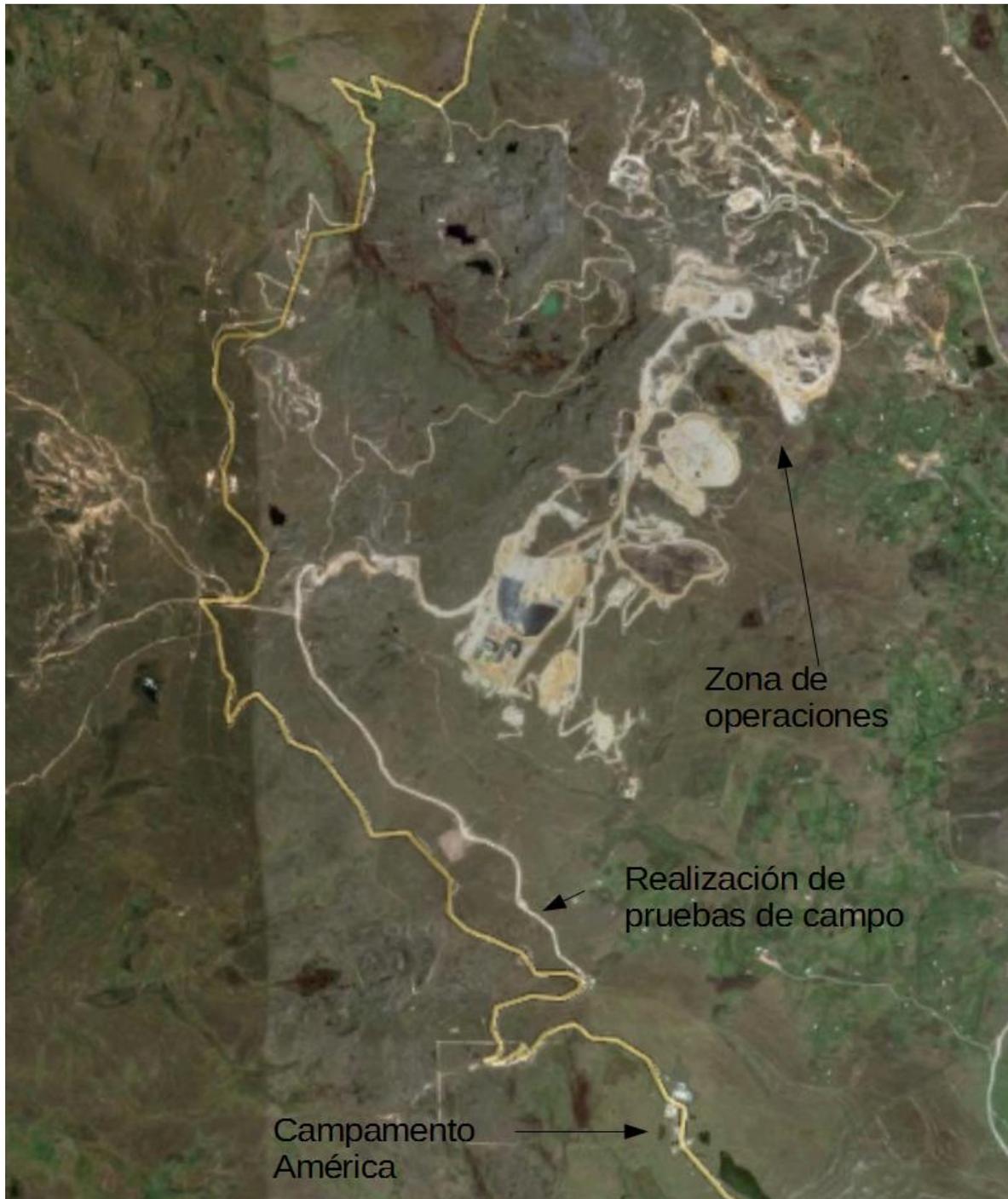


Figura N°9

### ANEXO 3

Prueba	Fecha	Hora riego	Hora secado	Tiempo de secado	Clima	Lugar	Biol
1	01/09/2015	10:20	10:47	0:27	Sol	Poza 40000	0
2	01/09/2015	16:30	16:59	0:29	Sol	Poza 40000	0
3	04/09/2015	9:48	10:21	0:33	Sol/nubes	Poza 40000	0
4	07/09/2015	16:08	16:28	0:20	Sol	La Posada	0
5	11/09/2015	9:41	10:03	0:22	Sol/viento	Casa Rosada	0
6	11/09/2015	13:18	13:29	0:11	Sol/viento	Casa Rosada	0
7	16/09/2015	10:41	11:55	1:14	Nublado	Casa Rosada	0
8	16/09/2015	13:28	14:31	1:03	Nublado	Casa Rosada	0
9	17/09/2015	9:13	9:43	0:30	Sol/nubes	Casa Rosada	500
10	17/09/2015	14:16	15:41	1:25	Nublado	Casa Rosada	500
11	24/09/2015	14:01	14:30	0:29	Sol/nubes	Casa Rosada	1000
12	29/09/2015	10:01	11:19	1:18	Sol/nubes	Casa Rosada	1000
13	20/10/2015	9:58	11:06	1:08	Nublado	Casa Rosada	0
14	20/10/2015	8:14	8:39	0:25	Sol/viento	Casa Rosada	750
15	20/10/2015	10:35	10:59	0:24	Sol	Casa Rosada	1000
16	20/10/2015	9:18	9:49	0:31	Sol	Casa Rosada	0