



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal el desarrollo de un Plan de Producción Más Limpia, basado en el levantamiento de mejoras a aplicar a futuro en la Planta de Molienda, la misma que tiene a su cargo la distribución de sílice y feldespato.

El desarrollo del Plan de Producción Más Limpia contempla los puntos críticos generadores de residuo y contaminación en el área productiva.

Los inconvenientes encontrados en las líneas de triturado y almacenamiento de material húmedo son el desgaste de bandas y porcentaje de humedad del material entrante.

En la línea de separación de material fino, los inconvenientes se presentan por deterioro de fundas que limitan la capacidad para recolección de polvos y las fugas del mismo a la cámara de soplado en el filtro, para evacuarse al entorno de la Planta.

En la línea de transporte de material seco, existe desgaste y desalineación de bandas, dando lugar a la presencia de residuo.

En la línea de molienda, el desgaste del equipo promueve la presencia de residuo a la entrada y salida del molino, los reproceso van acorde a un desajuste en la operación del molino y elementos molturadores, además de descuidos de los trabajadores en sus labores de control.

La emisión de polvo es evidente por el deterioro de tuberías y equipos que dan lugar a grietas.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



Las mejoras propuestas para un desarrollo sostenible y amigable con el medio ambiente, van relacionados a cambios técnicos en los elementos involucrados para la generación de residuos y contaminación ambiental.

**PALABRAS CLAVES:**

Planta de Molienda y Secado, Sílice y Feldespato, Plan de Producción más limpia, Levantamiento de mejoras, Línea de Triturado y Almacenamiento de material húmedo, Línea de Transporte de material seco, Línea de molienda.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## ABSTRACT

This work has as main goal the development of a Cleaner Production Plan based on lifting applied to future improvements in the grinding plant. It is responsible for the distribution of silica and feldspar.

The development of Cleaner Production Plan provides the critical generators of waste and pollution in the production area.

The disadvantages found in the ground lines and storage of wet material are the bands and moisture content of feed material.

With respect to the line of separation of fine material, the disadvantages are impairment of covers that limit the ability to collect dust and leakage of the chute to the filter, to evacuate the area around the plant.

The transmission line dry material, there is a band and wear the same misalignment, resulting in the presence of residue.

In the line of grinding equipment wear promotes the presence of waste at the entrance and exit of the mill, according to the will rework a mismatch in the operation of the mill, grinders elements, this with the complicity of the carelessness of the workers in their control tasks.

In general, dust emission is evident from the deterioration of equipment leading to cracks, as in transport elements such as pipes.

The proposed improvements for sustainable development and environmentally friendly, are technical changes regarding the elements involved in the generation of waste and pollution.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

---

**KEY WORDS:**

Plant of milling and drying, Silica and Feldspar, Cleaner Production Plan, Lifting of improvements, Ground line and storage of wet material, Line for separation of fine material, The transmission line dry material, Milling line.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## INDICE

	Página
<b>CAPITULO I</b>	
<b>GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	1
1.1. Información general de la Empresa.	2
1.2. Funcionamiento del proceso productivo, con una breve descripción de cada operación, equipos empleados y materias de producto terminado.	5
1.2.1 Descripción del proceso productivo.	5
1.2.2 Especificaciones de Equipos y Capacidades de trabajo	9
1.2.3 Materias de producto terminado	9
1.3. Diagrama de flujo de las operaciones del proceso.	12
1.4. Análisis del desarrollo productivo de la Planta.	14
<b>CAPITULO II</b>	
<b>GENERALIDADES DE PRODUCCION MAS LIMPIA</b>	15
2.1 Introducción	16
2.1.2 Fundamentación.	17
2.1.3 Actores del PmL	19
2.2 Importancia de la Producción más Limpia.	19
2.2.1 Beneficios de la producción más limpia.	20
2.2.1.1 Beneficios Financieros.	20
2.2.1.2 Beneficios Operacionales.	21
2.2.1.3 Beneficios Comerciales.	21

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



2.3 Implementación de un programa de producción más limpia.	21
2.3.1 Antecedentes.	24
2.3.2 En el Ecuador	26
2.3.3 Método para desarrollar un programa de PML	27

### **CAPITULO III**

<b>DESARROLLO DEL PLAN DE PRODUCCION MAS LIMPIA</b>	<b>28</b>
3.1 Generalidades	29
3.2 Evaluación ambiental inicial de la Planta.	32
3.2.1 Estudio del nivel tecnológico y medio-ambiental de la empresa, ventajas competitivas y determinación de un plan de innovación empresarial.	32
3.2.2 Determinación de los puntos críticos de contaminación y reproceso.	40
3.3 Balance de Materiales	
Evaluación de las líneas de proceso que conllevan a la aplicación de un estudio ambiental.	43
3.3.1 Evaluación de la línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespato.	44
3.3.1.1 Medición de la cantidad de residuo aportada en esta línea	44
3.3.1.2 Análisis de los inconvenientes presentados con respecto a la acumulación de material	45
3.3.2 Evaluación del equipo de separación de material particulado para sílice y feldespato.	48

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

3.3.2.1	Detalle del equipo y su funcionamiento.	48
3.3.2.2	Determinación de la cantidad de polvo fino de sílice y feldespatos obtenidos.	51
3.3.2.3	Análisis de los inconvenientes presentados con respecto a capacidad del equipo, acumulación de material y limpieza del filtro.	52
3.3.3	Evaluación de la línea de transporte de material seco a los silos de almacenamiento correspondiente	54
3.3.3.1	Medición de la cantidad de residuo aportada en esta línea.	54
3.3.3.2	Análisis de los inconvenientes presentados con respecto a la acumulación de material	55
3.3.4	Evaluación de la línea proceso de Molienda para sílice y feldespatos	56
3.3.4.1	Medición de la cantidad de material desperdiciado a la entrada y salida del molino.	58
3.3.4.2	Determinación de causas generadoras de residuos y reproceso de sílice y feldespatos	59
3.4	Elaboración de un plan de optimización del proceso basado en un levantamiento de oportunidades con respecto a implementación de equipos de mayor tecnología, mejoramiento en la infraestructura actual, todo con su debido despliegue de funcionamiento con respecto a cada línea.	66
3.4.1	Línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespatos.	66
3.4.2	Línea de separación de material fino para sílice y feldespatos.	79
3.4.3	Línea de transporte de material seco a los silos de almacenamiento correspondientes.	88
3.4.4	Línea de proceso de Molienda para sílice y feldespatos.	92

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

3.5 Ahorro energético en la producción implementación de las medidas correctivas.	con la	98
<b>CAPITULO IV</b>		
4.1 CONCLUSIONES		102
4.2 RECOMENDACIONES		109
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		112
<b>ANEXOS</b>		114

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

UNIVERSIDAD DE CUENCA

INGENIERIA QUIMICA

CURSO DE GRADUACIÓN

**TEMA:**  
**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA  
PLANTA DE MOLIENDA DE LA EMPRESA “ITALPISOS”**

Trabajo previo a la  
obtención del Título de  
Ingeniero Químico

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

**Director:**

Ing. Galo Carrillo Rojas Msc.

Cuenca-Ecuador

2010

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a las personas que siempre estuvieron apoyándome y dando fuerzas para seguir adelante.

Papi y Mami los logros que hoy obtengo es gracias a su cariño y comprensión incondicional.

A mis hermanas Andrea, Diana y Joseline, por ser mi apoyo y estar conmigo en esta etapa universitaria.

A mi sobrina Fernanda, por ser la persona que siempre me robo una sonrisa y me hizo la vida más placentera.

A mis abuelitos que siempre me acompañan y me cuidan desde arriba.

Jessica Cristina

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## DEDICATORIA

El desarrollo y culminación de este trabajo dedico ante todo a Dios por haberme dado a través de mis padres la vida, y a ellos por haberme brindado su compañía, amor y apoyo a lo largo de estos años, sin dejar de lado a Lonny, Katy y Fabián, mis ñaños, a ellos quienes me supieron comprender en su momento y estar junto a mí para afrontar cualquier exigencia de la vida.

Jaime.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## AGRADECIMIENTO

La vida es una sola, hay que aprovecharla y agradecer a Dios por darme la oportunidad de conocer a muchas personas en este transcurso de la vida.

De manera especial agradezco a mis padres, hermanas y demás familiares que estuvieron de una u otra manera apoyándome y siendo mi fuerza para salir adelante.

A mi compañero y amigo Jaime, por ser paciente y comprensivo, y de este modo elaborar de la mejor manera el trabajo; al Sr. Enrique B. y a nuestro director Ing. Galo Carrillo por prestarnos su ayuda incondicional en la realización del mismo

A mis amigos de todo corazón, gracias por estar allí, por ser uno de los pilares que me ayudaron a sobrellevar con éxito la culminación de esta carrera

Gracias a todos por su apoyo

Jessica Cristina

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## AGRADECIMIENTO

El desenvolvimiento de éste trabajo no pudo realizarse sin la presencia de personas cuya colaboración fue de infinita ayuda para llegar a la finalización del mismo. Como un gesto de gratitud y reconocimiento procuro mis sinceros agradecimientos a:

- Jessica, amiga incondicional y compañera en el desarrollo del trabajo, con quién a través de un arduo y constante trabajo pudimos llegar a la obtención de lo propuesto.
- Ingeniero Galo Carrillo, quien mediante su conocimiento supo guiarnos para la disposición del tema en cuestión.
- Tecn. Elect. Enrique Barbosa, y junto a él a la Empresa que nos dio apertura para el desarrollo de nuestro trabajo.
- A mis padres, hermanos y amigos, quienes siempre estuvieron prestos de ayudarme de cualquier manera en las necesidades suscitadas.

Jaime.

### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## INTRODUCCIÓN

La Producción Más Limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

En los procesos de producción, la Producción Más Limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.

En el desarrollo y diseño del producto, la Producción Más Limpia aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto, desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.

En los servicios, la Producción Más Limpia afronta la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

Un proyecto de Producción Más Limpia sigue cierta metodología y consta de elementos, como:

- Colecta de datos, referentes a flujo de masa, flujo de energía, costos y seguridad.
- Reflexión: ¿dónde y por qué generamos desechos?
- Generación de opciones.
- Análisis de viabilidad para las opciones seleccionadas.
- Implementación.
- Control y continuación de una forma sistemática de mejoramiento exitoso.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

El objetivo de nuestro estudio es establecer un plan de producción más limpia en las líneas de triturado, molienda y separación de material fino, en la planta de molienda y secado de la Empresa Italpisos, basándonos en el levantamiento de oportunidades de mejora.

En la Planta de Molienda se realiza el secado y molturación de minerales como sílice y feldespatos, con nuestro trabajo pretendemos desarrollar un proyecto basado en la metodología de lo concerniente a Producción Más Limpia, evaluando las líneas de proceso en el área de producción, determinando los puntos críticos a ser expuestos como materia de estudio, y en base a conocimientos y fundamentos desarrollados en el módulo de producción Más Limpia del Curso de Graduación dictado con anticipación, desplegar un Plan de mejoras que permita a la Empresa enfocarse dentro de un entorno comercial competitivo, manteniendo un desarrollo sostenible y amigable con el medio ambiente.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES DE LA EMPRESA

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.





## 1.1 Información general de la Empresa.

### MISIÓN:

La generación de un producto de calidad que satisfaga los requerimientos de las empresas a las cuales va dirigido, con un compromiso ferviente de brindar una atención permanente a los clientes.

### VISIÓN:

Incrementar la capacidad de procesamiento y la eficiencia de la Planta, todo a través del desarrollo de un nuevo sistema de control general, entregado por instrumentación de última generación.

La Planta de Molienda y Secado de la empresa Italpisos se encuentra ubicada en el kilómetro 8 ½ vía a Chiquintad, a un lado de las instalaciones de la empresa ESFEL.



**Figura 1:** Ubicación de la Planta de Molienda y Secado

### Autores:

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



La Planta procesa sílice y feldespato para entregar a sus clientes un producto con la respectiva granulometría para su uso en la elaboración de pastas cerámicas, esmaltes y fritas. Las Empresas a las que se distribuye son Hypoo, Cerámica Andina, Rialto, Meprelpa y Esfel, de donde la mayor parte de la producción va dirigida a la Empresa Sanitaria Hypoo.

Para realizar el trabajo en el interior de la fábrica, esta cuenta con 9 personas, que incluyen la participación de un Mecánico Industrial para mantenimiento.

La jornada de trabajo consta de dos turnos, uno en la mañana que inicia las labores a las 7 a.m. y termina a las 6 p.m., y otro desde las 6 p.m. hasta las 7 a.m.

El tiempo de montaje de la planta es de nueve años, y se incorporaron equipos adquiridos en el exterior, Estados Unidos, de una empresa semejante, cuyo funcionamiento data de unos 40 años de uso.

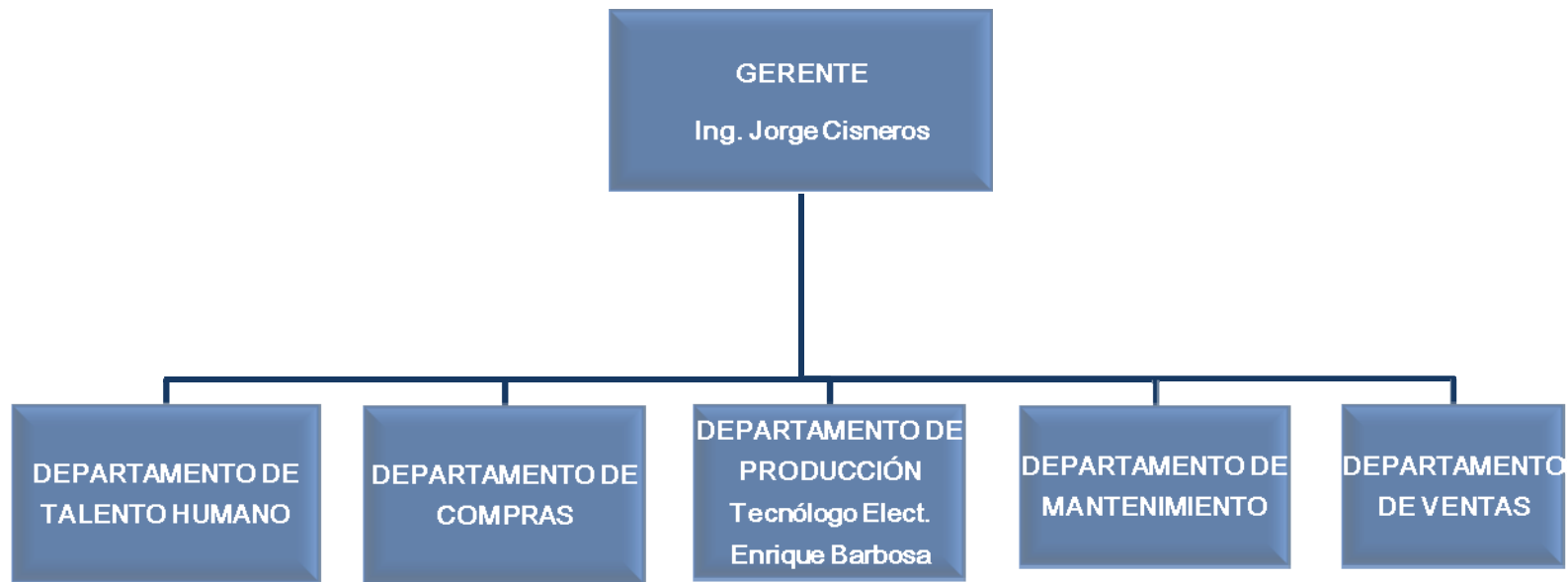
**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

## ORGANIGRAMA



**Figura 2:** Organigrama de la Planta de Secado y Molienda de la fábrica Italpiso

**Fuente:** Planta de Molienda y Secado de Italpiso

La dirección de la Planta está a cargo de la Gerencia de Italpiso, la parte administrativa para compra y despacho de producto está distribuida en las instalaciones de la empresa vecina del mismo grupo, Esfel.



## 1.2 Funcionamiento del proceso productivo, con una breve descripción de cada operación, equipos empleados y materias de producto terminado

### 1.2.1 Descripción del proceso productivo.

El proceso productivo de la Planta de Molienda y Secado está dividido en las siguientes operaciones:

- Recepción y Almacenamiento de Materia Prima.
- Trituración y Almacenamiento de Material Húmedo.
- Secado de Material y Almacenamiento.
- Molienda de Material Seco y Almacenamiento Final.
- Separación o Recuperación de Material Fino.

Debemos considerar que para el proceso los equipos trabajaran de forma alternada en lo correspondiente a triturado y secado de material con lo que respecta a las dos líneas, de feldespatos y sílice, esto de acuerdo a los despachos a realizar en el día.

#### **RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA.**

La extracción de feldespatos se realiza de minas procedentes de una parte de Limón, El Descanso y Marcabellí. De acuerdo a las impurezas del material se procesa tres tipos de materia prima, feldespatos A, feldespatos B y feldespatos C.

La sílice proviene de minas particulares, y su traslado se lleva cabo por parte de los propietarios de las mismas.

Luego de transportar la sílice y feldespatos de sus lugares de extracción, estos se someten a un proceso de lavado, para luego ser llevados a las

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



instalaciones de la Planta y ser depositados en un hall de recepción, almacenándose de acuerdo al tipo de mineral.

En el lugar de depósito, la acumulación y traslado de material se realiza mediante una Pala Mecánica, la misma que se emplea para transportar la materia inicial a la tolva de abastecimiento de la siguiente operación, la trituración.

### **TRITURACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAL HÚMEDO.**

Para esta operación la Planta cuenta con una Tolva de recepción (**T.R**), donde se acumula el material a procesar, una banda transporta la materia a un separador para retener las partículas que exceden el tamaño de triturado, a continuación se dispone de un triturador de martillos (**T1**), del cual se obtiene estructuras minerales húmedas apropiadas que son transportados por un elevador de cangilones (**EA**) al primer silo de almacenamiento. La dosificación del material húmedo hasta la boca de acceso al secadero, se realiza mediante un elemento vibratorio, cuyo movimiento es controlada de forma electrónica.

### **SECADO DE MATERIAL Y ALMACENAMIENTO.**

En esta operación la empresa cuenta con un secadero rotatorio cuya generación de calor está a cargo de un quemador que se provee de diesel térmico para su funcionamiento.

Luego de abastecerse del material húmedo, éste es transportado en forma rotatoria, por un lapso de 8 minutos, tiempo promedio para eliminar la humedad del mineral sin afectar su composición de posterior uso. Terminada la primera parte de secado el material se transporta por la banda **b3** al elevador **EC**, el cual provee a una zaranda (**Z**), de la cual se separa material fino que va al elevador **ED**, de suministro de material seco

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



a los silos de almacenamiento, el material retenido se alimenta al molino cónico **MC** para reducir su tamaño de grano e ingresar a los cangilones de el elevador de retorno de dicho material a la zaranda, para iniciar un nuevo ciclo de separación.

El material fino del proceso anterior es llevado de la boca del elevador de transporte **ED** a la banda fija **b4**, la cual dosifica a su vez la banda móvil **b5**, que distribuye el material seco, ya sea sílice o feldespato, en los silos correspondientes. La planta está diseñada de tal forma que para el almacenamiento de material seco se trabaja con cuatro silos, dos utilizados para feldespato (**S3 y S4**), en donde de forma alternada se realiza el depósito de los tres tipos de material A, B o C, y los dos restantes se emplean para el almacenamiento de sílice (**S5 y S6**).

En la zona de descarga de los silos, el elemento con el que se vaya a trabajar se transporta por medio de dos bandas, una fija (**b6**) dispuesta a lo largo de todas las bocas de salida de los silos y a continuación una móvil (**b7**) que lleva la materia granular al elevador **EE** y posteriormente a los silos de almacenamiento correspondiente, **S7** para feldespato y **S8** para sílice, previo a la molienda del mineral.

### **MOLIENDA DE MATERIAL SECO Y ALMACENAMIENTO FINAL.**

De los silos de almacenamiento para molienda, se dosifica por gravedad a la entrada de los molinos de sílice (**M2**) o feldespato (**M1**), estos equipos tienen un ciclo de trabajo semejante, al igual que los separadores montados a continuación, para feldespato **A2 y A3**, y para sílice **A4 y A5**.

Los molinos instalados poseen una cámara de molienda en la cual se distribuyen los elementos de molienda, la alimentación al molino debe ser controlada para evitar una sobrecarga u operar con niveles muy bajos, la

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



regulación del material de entrada se efectúa mediante un oído electrónico instalado en el panel de control de la máquina.

A la salida del molino un ventilador fluidifica el material a un separador (**A2 y/o A4**), del cual las partículas que pasan se llevan a un mecanismo secundario de similar funcionamiento (**A3 y/o A5**). El material retenido experimenta un reproceso al regresar a la entrada del molino proveniente de A2 y/o A4.

### **SEPARACIÓN O RECUPERACION DE MATERIAL FINO**

Para la recuperación de polvos finos de sílice o feldespatos, en la Planta se emplea un Filtro de fundas (**F.P**), al cual llega todo el material que ha volatilizado en cada operación de producción incluyendo el producto que se obtiene del almacenamiento en los silos iniciales, intermedios y finales.

Para la toma del material fino se emplean ductos colocados a la entrada o salida de los equipos, a partir del secadero, y dispuestos en la parte superior de cada silo. El sistema de tubería que transporta los polvos finaliza su camino por encima y de forma lateral a la cubierta del filtro, el cual está dividido en dos secciones, en la una se recoge polvos de sílice y la otra se destina para feldespatos.

El funcionamiento del filtro se da por medio de un ventilador interno que suministra aire a las fundas recolectoras en su interior, a través de canastillas, cuando el polvo entra por la parte externa de la funda, éste se adhiere, formando una torta, cuando el aire ingresa, la funda se expande y recluye el polvo en una tolva inferior de recolección que lleva el material a almacenar en bigbags. El aire acumulado en la cámara de suministro es evacuado mediante la succión, a través de un ventilador externo que lleva el aire limpio a las afueras de la planta.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



De forma complementaria se emplea un filtro de menor capacidad (**F.S**) dispuesto a continuación del separador **A1**, al cual llega los gases generados en el secadero que transportan material fino, de aquí se recupera material para el elevador **ED** y los más fino es llevado a **F.S** conjuntamente con los polvos obtenidos en las operaciones de **Z y MC**.

### Especificaciones de Equipos y Capacidades de trabajo.

EQUIPOS	CAPACIDAD TRABAJO (Kg/h)	CAPACIDAD (Tm)	
		Sílice	Feldespató
Tolva	3000		
Triturador	4000		
Secadero	2500		
Separador	----		
Filtro	----		
Zaranda	----		
Molino Cónico	----		
Molino de Bolas	800		
<b>Silo 1 - 2</b>		43,11	40,03
<b>Silo 3-4</b>		-----	90,73
<b>Silo 5-6</b>		97,71	-----
<b>Silo 7</b>		-----	59,31
<b>Silo 8</b>		63,87	-----
<b>Silo 9</b>		-----	162,53
<b>Silo 10</b>		175,03	-----

Las especificaciones de las bandas se pueden ver en el ANEXO 10

### 1.2.3 Materias de producto terminado.

#### GENERALIDADES

Las materias primas usadas en la fabricación de cerámica son arcilla, caolín, sílice y feldespató, siendo todos estos compuestos de sílice, lo cual hace que tengan propiedades adecuadas para la cerámica.

Las materias primas pueden clasificarse en:

- Materias primas plásticas arcillosas. (arcillas y caolines)

#### Autores:

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





- Materias primas plásticas no arcillosas. (silicatos de magnesio hidratados y el silicato de aluminio)
- Materias primas no plásticas (sílice, feldespato, sienita nefelina, entre otras).
- Materias primas auxiliares. (agua, floculantes y defloculantes, aglomerantes, agentes antipegado, secantes, etc.)

### **TRATAMIENTO DE MATERIAS PARA USO CERÁMICO.**

Antes de iniciar el proceso de molienda del material de extracción, se realiza el tratamiento del mismo. Este paso no se desarrolla en todos los casos por los costos que implica.

Como tratamiento del material se entiende la eliminación de residuos orgánicos, ya sea hojas, raíces y demás impurezas degradables del medio.

### **MATERIAS GENERADAS EN LA PLANTA DE MOLIENDA.**

Las materias tratadas en la Planta de Molienda son sílice, y feldespato de tres clases A, B y C, clasificado de acuerdo a su composición mineralógica (pureza).

La característica básica de este grupo de elementos es la reducción de la plasticidad y del tiempo de secado en las pastas, aumento de la resistencia mecánica tanto en el crudo como luego de la quema, reducción de la contracción y en general modificar las propiedades del producto cocido.

La sílice y feldespato, como materiales no-plásticos de generación, se someten a lavado para eliminar de ellos restos de arcilla y óxidos, antes

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



de ser almacenados y pasar a los procesos subsiguientes, triturado, secado, molido y almacenamiento final para despacho.

## **CONTROL DEL MATERIAL DESPACHADO**

El control del material final del proceso se realiza mediante un análisis de RESIDUO MALLA 200.

### **Residuo Malla 200**

#### **Objetivo**

Determinar el retenido en malla doscientos para tener una idea de la dureza de los materiales y del tiempo de molienda necesario.

#### **Procedimiento**

Se pesan exactamente 100g del material almacenado en una balanza digital, previamente encerada, se coloca sobre el tamiz No. 200 ASTM, y con un chorro de agua se tamiza, hasta que el agua que pasa por el tamiz este completamente limpia, luego con ayuda de un frasco lavador se pasa todo el residuo a un recipiente y se seca en una plancha a una temperatura de 110°C, hasta peso constante, se extrae el contenido, se pesa y el valor obtenido corresponde al % de retenidos.

## **GRANULOMETRÍA DE DESPACHO**

La granulometría del material enviada a cada Empresa debe estar en función del análisis del RESIDUO MALLA 200, tanto para sílice y feldespatos se aceptará un % de residuo entre 4-7%.

### **1.3 Diagrama de flujo de las operaciones del proceso.**

**Figura 3:** [LAYOUT DE LA PLANTA.](#)

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Figura 4: [LAYOUT DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN.](#)

Fig. 3 y 4: Elaborada por los Autores

FIG. 3 LAYOUT DE LA PLANTA

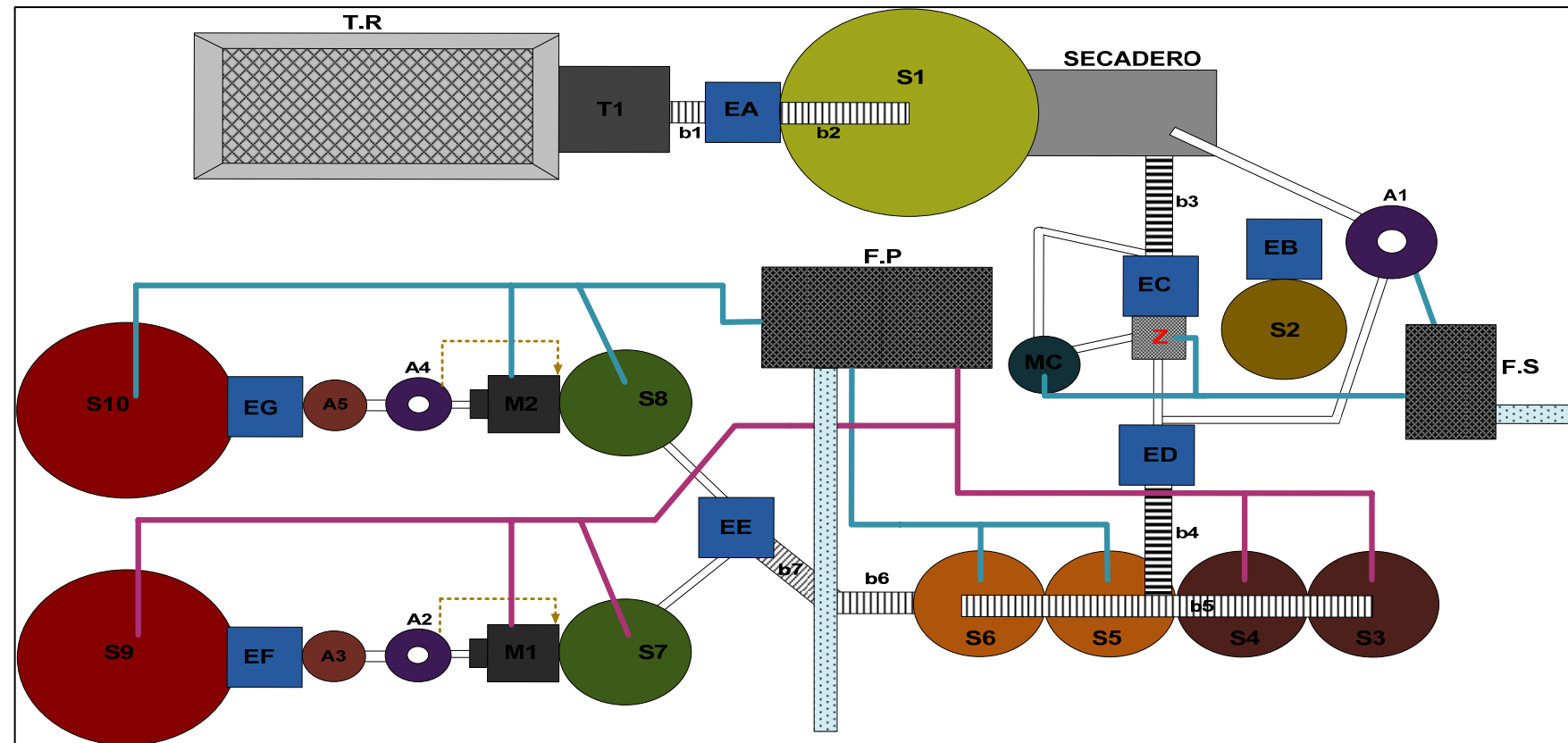


Auto

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



FIG. 4 LAYOUT DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN



**NOMENCLATURA**

BANDAS TRANSPORTADORAS		EQUIPOS	
b1 :	Banda del triturador	T.R :	Tolva de recepción
b2 :	Banda de material húmedo	T 1 :	Tritrador de martillos
b3 :	Banda de salida del secadero	Z :	Zaranda
b4 :	Banda Fija de material seco	MC :	Molino Cónico
b5 :	Banda móvil de material seco	M1 :	Molino para feldespatos
b6 :	Banda de recolección de material	M2 :	Molino para sílice
b7 :	Banda de distribución a molienda	F.P :	Filtro Principal
		FS :	Filtro Secundario
ELEVADORES		SEPARADORES	
EA :	Elevador A	A1 :	Separador de polvos
EB :	Elevador B	A2 :	Separador primario de feldespatos
EC :	Elevador C	A3 :	Separador secundario de feldespatos
ED :	Elevador D	A4 :	Separador primario de sílice
EF :	Elevador F	A5 :	Separador secundario de sílice
EG :	Elevador G		
SILOS DE ALMACENAMIENTO			
S1 :	Silo de almacen. material húmedo	S2 :	Silo de almacen. de polvos
S3 :	Silo de almacen. de feldespatos	S4 :	Silo de almacen. de feldespatos
S5 :	Silo de almacen. de sílice	S6 :	Silo de almacen. de sílice
S7 :	Silo de premolienda para feldespatos	S8 :	Silo de premolienda para sílice
S9 :	Silo de almacen. final de feldespatos	S10 :	Silo de almacen. final de sílice

Formato: A3	<b>AREA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE MOLIENDA DE LA EMPRESA "ITALPISOS"</b>	Dibujo: Autores
Escala: n/a		Fecha: 2010-05-20



### 1.4 Análisis del desarrollo productivo de la Planta.

ENERO	EMPRESAS						
PRODUCTO	UNIDAD	ESFEL.S.A	MEPRELPA	ITALPISOS	HYPOO	ANDINA	TOTAL POR EMPRESA
Sílice Seca	Toneladas	18,361	0,15	--	--	--	18,511
Sílice Molida	Toneladas	273,616	--	86,875	17,5	--	377,991
Feldespatos Molidos	Toneladas	61,469	--	29,912	127,45	1,9	220,731
<b>TOTAL DESPACHADO</b>	Toneladas	353,446	0,15	116,787	144,95	1,9	617,233

FEBRERO	EMPRESAS						
PRODUCTO	UNIDAD	ESFEL.S.A	MEPRELPA	ITALPISOS	HYPOO	ANDINA	TOTAL POR EMPRESA
Sílice Seca	Toneladas	33,132	0,05	--	--	--	33,182
Sílice Molida	Toneladas	282,71	--	107,25	27,672	--	417,632
Feldespatos Molidos	Toneladas	38,152	--	56,875	108,149	4,1	207,276
<b>TOTAL DESPACHADO</b>	Toneladas	353,994	0,05	164,125	135,821	4,1	658,09

MARZO	EMPRESAS						
PRODUCTO	UNIDAD	ESFEL.S.A	MEPRELPA	ITALPISOS	HYPOO	ANDINA	TOTAL POR EMPRESA
Sílice Seca	Toneladas	21,081	0,05	--	--	--	21,131
Sílice Molida	Toneladas	293,557	--	106,91	39,014	--	439,481
Feldespatos Molidos	Toneladas	81,035	--	25,615	177,213	--	283,863
<b>TOTAL DESPACHADO</b>	Toneladas	395,673	0,05	132,525	216,227	--	744,475

ABRIL	EMPRESAS						
PRODUCTO	UNIDAD	ESFEL.S.A	MEPRELPA	ITALPISOS	HYPOO	ANDINA	TOTAL POR EMPRESA
Sílice Seca	Toneladas	37,883	0,2	--	--	--	38,083
Sílice Molida	Toneladas	163,92	--	63,53	--	--	227,45
Feldespatos Molidos	Toneladas	36,339	--	24,52	70,185	--	131,044
<b>TOTAL DESPACHADO</b>	Toneladas	238,142	0,2	88,05	70,185	--	396,577

**NOTA:** Para el año en curso, hasta el mes evaluado no se facturó a Rialto.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

# CAPÍTULO II

## GENERALIDADES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## 2.1 Producción más Limpia.

### 2.1.1 Introducción

La contaminación ambiental de todo tipo crea problemas en todo el mundo. Así en los últimos años se ha desarrollado el concepto 'tecnologías limpias', que no produce contaminantes e involucra procesos energéticos eficientes.

Uno de las barreras que se dan para la aplicación de P+L es la falta de información y los mitos de que la producción más limpia no me da beneficios, lo que no es cierto, ya que al aplicarlo hay grandes beneficios económicos como en la salud del personal y por ende en la eficiencia del mismo.

La producción más limpia aborda la contaminación industrial de manera preventiva. Concentra la atención en los procesos, los productos y los servicios y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, con el objetivo de promover mejoras que permitan reducir o eliminar los residuos antes que se generen.

Los métodos de tratamientos al final del proceso ("end-of-pipe"), se concentran en qué hacer con los residuos una vez que ya han sido creados, sin embargo en la Producción más Limpia las técnicas de prevención de la contaminación pueden aplicarse a cualquier proceso de manufactura y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar, hasta cambios más extensos, como la sustitución de insumos tóxicos o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

Estas técnicas pueden aplicarse a cualquier proceso de producción y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores, que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción por otras más limpias y eficientes.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



La Producción Más Limpia no niega el crecimiento, insiste simplemente en que este crecimiento sea ecológicamente sostenible. No debe ser considerada solamente como una estrategia ambiental, ya que también está relacionada con las consideraciones económicas.

### 2.1.2 Fundamentación

La diferencia clave entre el Control de la Contaminación y la Producción Más Limpia está basada en el tiempo. El control de la contaminación es acercamiento después del evento, “reaccione y trate”. La Producción Más Limpia es una filosofía de mirar hacia delante, “anticipe y prevenga”

***“La producción más limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para incrementar eficiencia global y reducir los riesgos a los humanos y al ambiente.”<sup>(1)</sup>***

Es importante destacar que la filosofía del proceso de producción más limpia está sobre todo relacionada con la reducción al máximo de la generación de residuos a lo largo de toda la cadena de producción. Sin embargo, no existe una producción limpia como tal, la generación de residuos es inherente a cualquier proceso productivo. Lo que busca el proceso es evitar una generación excesiva de residuos, dado que por un lado es considerada una pérdida económica como producto del mal aprovechamiento de los recursos e insumos empleados, y por el otro, los residuos son contaminantes y afectan a la salud y al ambiente, por lo que su reducción permite prevenir impactos ambientales negativos.

Por ende, el enfoque de la producción más limpia, trata de reducir de manera continua la generación de residuos y contaminantes en cada etapa del ciclo de producción.

---

<sup>(1)</sup> Esta es una traducción, realizada por el CPTS, de la definición oficial, en inglés, de Producción Más Limpia, adoptada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (United Nations Environment Program – UNEP).

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





La Producción Más Limpia es una estrategia de “gana-gana”. Protege el medioambiente, el consumidor y el trabajador mientras que mejora la eficiencia industrial, los beneficios y la competitividad.

### Producción más limpia significa (²)

#### Para Procesos

- Conservación de materia prima y energía
- Eliminación del uso de materias primas tóxicas
- Reducción de la calidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos antes de que salgan del proceso.

#### Para Productos

- Reducción de los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida, desde la extracción de materia prima hasta su disposición

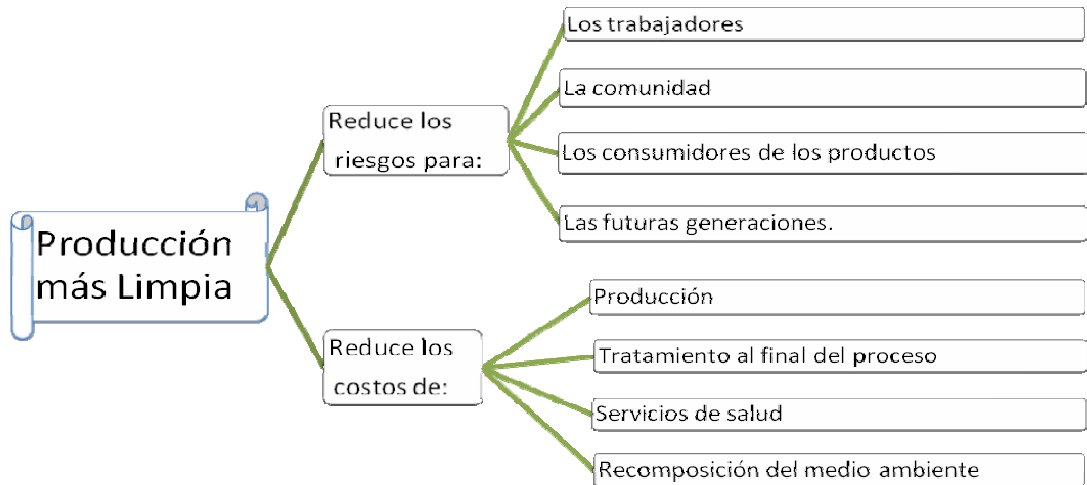
### La producción más limpia mejora:

- La eficiencia de los procesos
- La calidad del producto
- Incluso cuando los costos de inversión son altos, el periodo de recuperación de la inversión puede ser corto

---

#### Autores:

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Figura 5:** Ilustración de Producción más limpia  
Elaborado por los autores

### 2.1.3 ACTORES DE LA PmL

La capacitación sobre la problemática ambiental, prevención de la contaminación, tecnologías limpias y su efecto en la productividad y competitividad de las empresas, así como el conocimiento de las exigencias del mercado tanto nacional como internacional, motiva a los empresarios a participar de los proyectos de PML.



**Figura 6:** Ilustración de los actores de PmL  
Elaborado por los autores

**Autores:**  
Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



La participación de la autoridad ambiental como entidad de comando y control es fundamental para lograr la participación de los empresarios en el proyecto de PML.

## **2.2 Importancia de la Producción más Limpia.**

A la larga la producción más limpia es la vía más efectiva para diseñar y operar procesos industriales, desarrollar y producir productos y servicios. Los costos de desechos y emisiones al ambiente e impactos a la salud pueden ser evitados o minimizados por la aplicación de conceptos de producción más limpia desde el principio y aplicando estos continuamente y durante todo el ciclo de vida entero.

La lección es simple: es menos costoso prevenir la polución en la fuente que limpiarla después que se ha producido.

### **2.2.1 Beneficios de la producción más limpia (3)**

En general, los recursos empleados para introducir prácticas de Producción Más Limpia en una empresa son considerados como una inversión, normalmente de corto plazo, ya que generan retornos económicos y beneficios ambientales simultáneamente. Contrariamente a ello, los recursos empleados para hacer el manejo de residuos como desechos al final del proceso productivo (plantas de tratamiento) son considerados como un gasto, ya que no generan retornos económicos, excepto por el beneficio que resulta por evitar que se generen impactos ambientales, beneficio que para la empresa tiene un carácter intangible en la mayoría de los casos.

---

<sup>3</sup> ¿Qué es la Producción más Limpia? Consejo Nacional de la Empresa Privada. En línea <http://www.conep.org.pa/prodlimpia/templates/quepl.php> (ref. enero 2009).

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Se estima que por \$1 gastado en prevención se ahorra \$10 gastados de otra manera al final del proceso (at end-of-pipe) o \$100 gastados en remediación ambiental. Para lograr sustentabilidad y protección ambiental en el largo plazo, el diseño de productos y procesos debe mejorar.

Además de los beneficios ambientales que podemos observar con la implementación de un programa de producción más limpia, se identifican otros, como lo son los beneficios financieros, operacionales y comerciales.

### 2.2.1.1 Beneficios Financieros

- Reducción de costos por optimización del uso de las materias primas e insumos en general.
- Ahorro por mejor uso de los recursos (agua, energía).
- Reducción en los niveles de inversión asociados a tratamientos y/o disposición final de residuos.
- Aumento de las ganancias.

### 2.2.1.2 Beneficios Operacionales

- ☆ Aumento de la eficiencia de los procesos.
- ☆ Mejora de las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- ☆ Mejora en las relaciones con la comunidad y la autoridad de aplicación ambiental.
- ☆ Reducción de la generación de residuos.
- ☆ Aumento de la motivación del personal.

### 2.2.1.3 Beneficios Comerciales

- ♣ Mejora el posicionamiento de los productos que se venden en el mercado.
- ♣ Mejora la imagen corporativa de la empresa.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



- ♣ Facilita el acceso a nuevos mercados.
- ♣ Aumenta las ventas y el margen de ganancias.

### **2.3 Implementación de un programa de producción más limpia.**

La implementación de un programa de Producción más Limpia es la simple aplicación de una serie de pasos ordenados que conducen a una mejora continua.

Con la implementación de P+L se busca pasar de un proceso ineficiente de control de la contaminación “al final del tubo”, a un proceso eficiente de prevención de la contaminación desde su punto de origen, a través de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía a lo largo del proceso industrial. Se previene la contaminación al sustituir las materias primas que contengan una alta carga contaminante, y al crear los soportes administrativos que permitan manejar integralmente los residuos.

El proceso de reducción de la contaminación se realiza en 4 niveles de acción (*Figura 7*), dentro de los cuales se encuentran los niveles preventivos (la reducción y el reciclaje/reutilización) y los de control (tratamiento y disposición final)

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Figura 7. Esquema de los niveles de reducción de contaminación**

La implementación sistemática de las buenas prácticas implica la formación de un equipo de trabajo comprometido con el programa de Producción más Limpia que vincule al personal clave para:

- ✓ Evaluación de las condiciones de la planta y de oportunidades de mejora.
- ✓ Análisis de propuestas de mejora que sean económica, técnica y ambientalmente viables.
- ✓ Selección de las mejores alternativas.
- ✓ Implementación de las alternativas seleccionadas

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

- ✓ Monitoreo y evaluación de los cambios, y la revisión de las mejoras e identificación de nuevos perfeccionamientos.

Para lograr todos estos beneficios y que la empresa logre que estas buenas prácticas sean implementadas de una manera sistemática que permita un manejo sostenible en el tiempo, la organización debe enfatizar la programación y ejecución de las siguientes actividades (ONUDI, 1999):

- ✚ Organización y compromiso del equipo de Producción más Limpia, que involucre al personal vinculado con el proceso (por ejemplo: producción, calidad, mantenimiento, compras, etc.)
- ✚ Evaluación de las condiciones actuales de la empresa e identificación de las oportunidades de mejora.
- ✚ Análisis de las oportunidades de mejora identificadas que sean económica, técnica y ambientalmente viables.
- ✚ Selección de las mejores alternativas.
- ✚ Implementación de las alternativas seleccionadas.
- ✚ Monitoreo y evaluación de las mejoras implementadas.
- ✚ Revisión de las mejoras, identificación e implementación de nuevas mejoras.
- ✚ El resultado de la implementación efectiva de estas actividades puede medirse a través del análisis del porcentaje en la reducción de costos de operación por producción mensual.

Los programas tienen como objetivo generar una capacidad de aplicación de la metodología de Programas de Producción más Limpia en la empresa, que permita implementar algunas oportunidades de mejoramiento y una sistemática de maximización de la producción y reducción de los desechos, en especial los peligrosos.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



### 2.3.1 Antecedentes

A partir de la década del 70, se manifestó en diversos foros internacionales la preocupación mundial por la protección del medio ambiente. Uno de los más importantes fue la denominada Cumbre de la Tierra <sup>(4)</sup>, en donde quedaron establecidos los principios universales que deben regir el desarrollo armónico de los países para mantener la sostenibilidad del planeta. En este encuentro surgió el concepto de “Desarrollo Sostenible” <sup>(5)</sup> y se plantearon, a través de la “Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo”, una serie de compromisos que las naciones debían implementar para lograr el bienestar de la población actual sin poner en riesgo el de las futuras generaciones.

El marco legal para la aplicación de las políticas ambientales está fundamentado en las disposiciones que emanan de la Constitución Política del Estado (CPE).

Según su jerarquía (ver *Figura 8*), por debajo de la CPE se encuentran leyes, decretos supremos y resoluciones que pueden ser ministeriales o administrativas (aquí se incluyen, entre otras, las Resoluciones Prefecturales y aquellos reglamentos relacionados con las empresas de servicios, entre ellas, las de agua potable y alcantarillado, energía eléctrica, recolector de basura y otras).

Asimismo, a nivel municipal, dentro del ámbito jurisdiccional ambiental, existen resoluciones, ordenanzas, reglamentos.

---

<sup>(4)</sup> ) **Cumbre de la Tierra**, también conocida como “La Cumbre de Río”, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992.

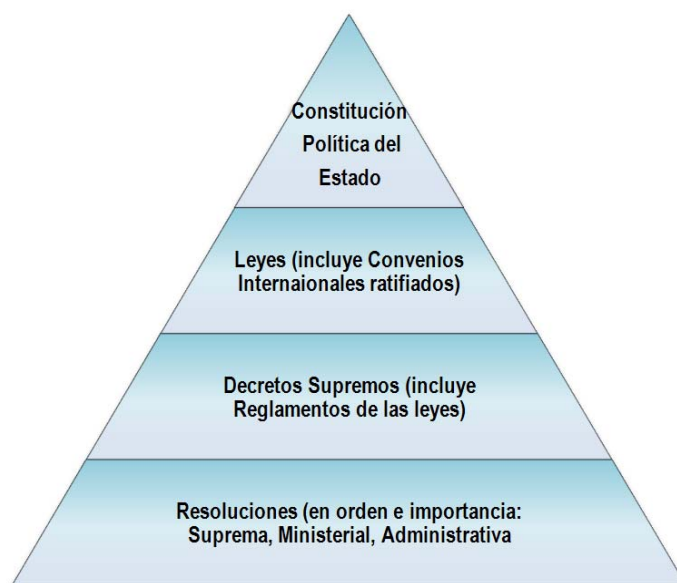
<sup>(5)</sup> Ley del Medio Ambiente, N° 1333, Art. 2: En 1987 la Comisión Mundial sobre el Ambiente y Desarrollo definió: “**Desarrollo Sostenible** es el proceso mediante el cual se satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.”

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.





**Figura 8.** Marco legal para la aplicación de la legislación  
*Elaborado del CPTS (19-03-2003).*

En el contexto de la Producción más Limpia, las "buenas prácticas" comprenden una serie de medidas voluntarias y de fácil aplicación para aumentar la productividad, bajar los costos, reducir el impacto ambiental de la producción, mejorar el proceso productivo y elevar la seguridad industrial. A través de una serie de instrumentos de gestión de costos, gestión ambiental y gestión organizativa se logra mayor eficiencia en los tres ámbitos y se establecen las bases de un proceso de mejora continua (ONUDI, 1999) (CONAM, 2003) (PNUMA, 2003).

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



### 2.3.2 En el Ecuador

En nuestro país, cada vez son más las empresas que se unen a la cruzada por el Planeta, y que en conjunción con el CEPL <sup>(6)</sup> han basado sus Planes de Manejo Ambiental en el uso de herramientas de Producción más Limpia, lo que les ha permitido mejorar sus estándares de productividad, competitividad y rentabilidad con la disminución de riesgos para el ser humano y el ambiente.

El Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia (CEPL), contribuye para que las empresas del Ecuador sean más productivas, rentables y menos contaminantes, su acción se ejecuta a través de la formación, capacitación y asesoramiento directo en las empresas.

El Ecuador en su gestión ambiental, ha tenido como respaldo fundamental:

- ♣ La Constitución de la República Convenios y Protocolos Internacionales.
- ♣ Las Leyes: Ambiental, Forestal, Hidrocarburos, Minería Electrificación
- ♣ El Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) y otras

---

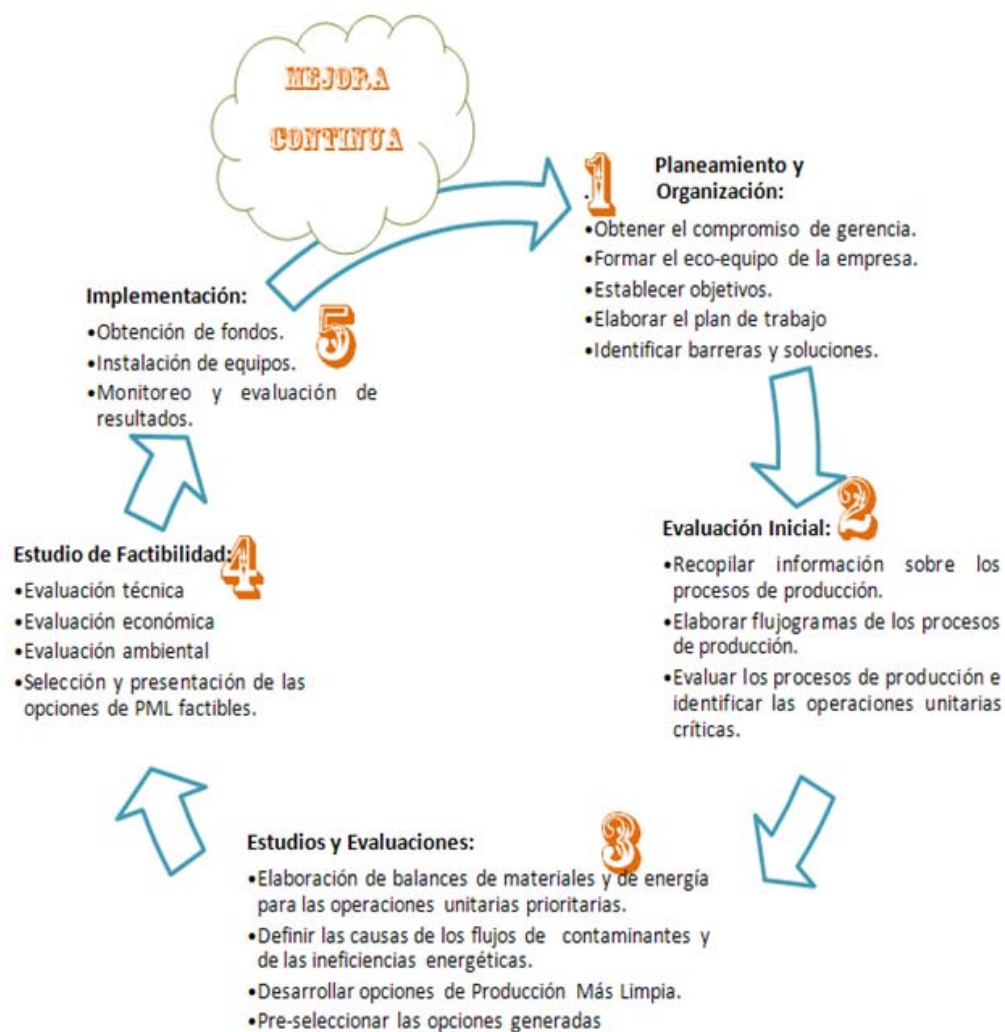
<sup>(6)</sup> **CEPL:** Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia, está acreditado ante el CNCF con lo cual las empresas pueden acceder a capacitación cofinanciada. [http:// www.cepl.org.ec](http://www.cepl.org.ec)

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

### 2.3.3 Método para desarrollar un programa de PML

El método para desarrollar un programa de Producción más Limpia en una empresa, se basan en un conjunto ordenado de actividades, los que a su vez se agrupan en 5 etapas:



**Figura 9.** Etapas para la implementación de un programa deP+L  
**Elaborado por los autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



# CAPÍTULO 3

## DESARROLLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



### 3.1 Generalidades

Para el desarrollo del plan de Producción más Limpia en la Planta de Molienda de Itaipisos se considero la resolución de gerencia en lo que respecta a la aprobación de la planificación presentada.

El respaldo de la alta Dirección es la base para el desarrollo del trabajo en el interior de la empresa, a partir de esto se podrá tener acceso a toda información para el diagnóstico previo, la facilidad para efectuar toda prueba pertinente, además de permitir la implementación de las propuestas de mejora en un futuro cercano, siendo consientes de que la aplicación de estos correctivos no brinda más que beneficios a la propia Empresa.

#### **Identificación de Barreras presentes en la elaboración del plan de Producción más Limpia.**

- Existe cierta reserva de información económica en los balances de entrada y salida de la Planta.
- El control energético de la fábrica resulto un inconveniente, ya que los gastos de este tipo eran solventados de forma conjunta con la empresa vecina, ESFEL, del mismo grupo empresarial.
- Las paras permanentes de la fábrica por mantenimiento dificultaran las tomas de muestra.
- La información técnica facilitada posee faltantes con respecto a especificaciones nominales y de trabajo en Planta.

#### **Amplitud del plan de Producción más limpia**

Las mejoras que se pretende en la Planta irán dirigidas a toda el área de producción, de ahí se determinarán los puntos clave que constituyan mayor

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



desperdicio y reprocesos, influyendo en el consumo energético y producción final.

Los cambios que realice la empresa en base al estudio realizado le permitirá adquirir conciencia ambiental, mejorar aspectos que disminuyan su producción, reducir los riesgos a la salud y prolongar la vida útil de los equipos.

La aplicación del Plan establecido quedara en manos de la Dirección general, su comprometimiento con la Planta determinara un desarrollo sostenible de la misma.

### **Formación del Eco-equipo**

El Eco-equipo que va a trabajar en el desarrollo del Plan de Producción más Limpia estará constituido por las siguientes partes:

<b>+</b> <b>Jefe de Planta:</b>	Tecnólogo Elect. Enrique Barbosa.
<b>+</b> <b>Evaluadores Externo 1:</b>	Jaime Estuardo Cuenca León.
<b>+</b> <b>Evaluadores Externo 2:</b>	Jessica Cristina Cajamarca León.

Dentro de los objetivos esperados por el Eco-equipo, se encuentran:

- ✓ Realizar un análisis del desempeño laboral con la guía del Jefe de Planta.
- ✓ Ubicar en el área de producción los lugares que conllevan a un reproceso o generación de residuos y la factibilidad de la medición de dicho impacto.
- ✓ Efectuar las mediciones correspondientes en los puntos críticos de estudio y analizar aquellas condiciones técnicas que producen desviaciones en el trabajo, para futuras mejoras.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos del plan de toma de muestras y problemas técnicos, para definir las mejoras que se podría

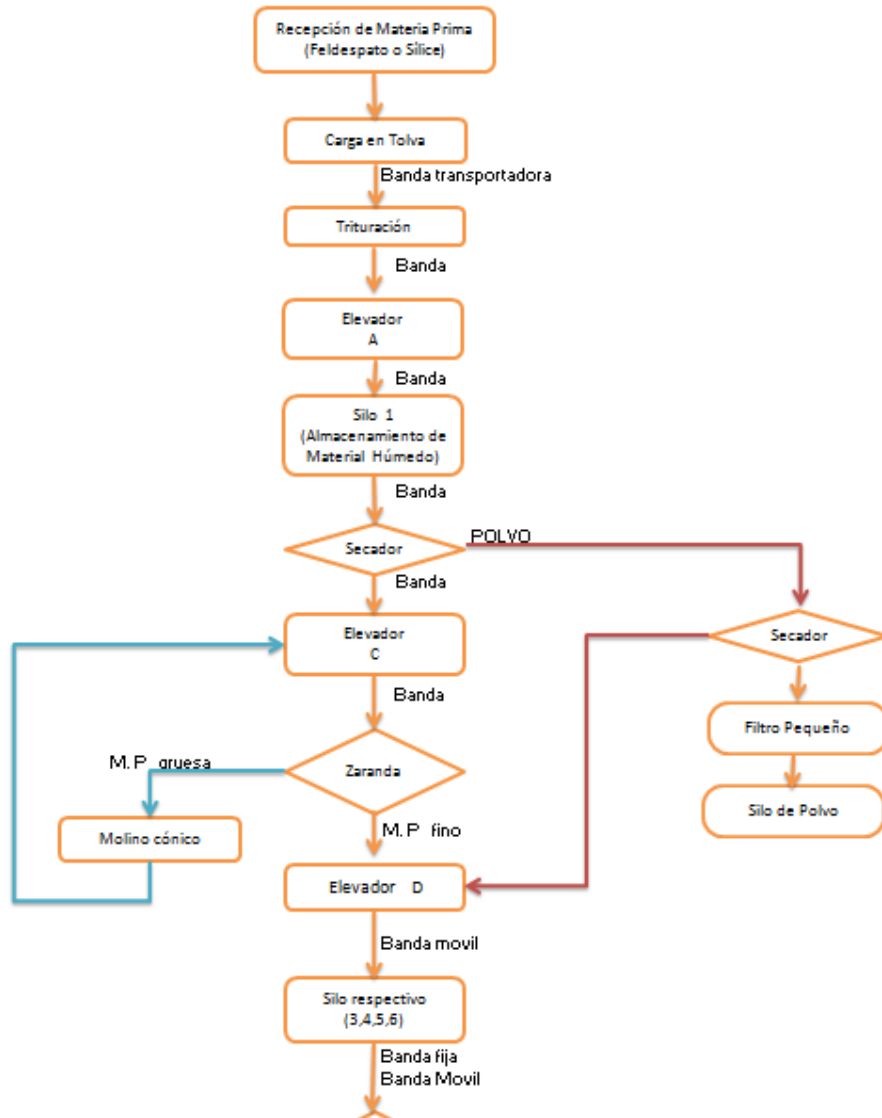
#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



implementar en esta área, y proporcionar una base de investigación que contribuya a proyectos futuros para un desarrollo continuo en lo referente a producción más limpia.

### DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS



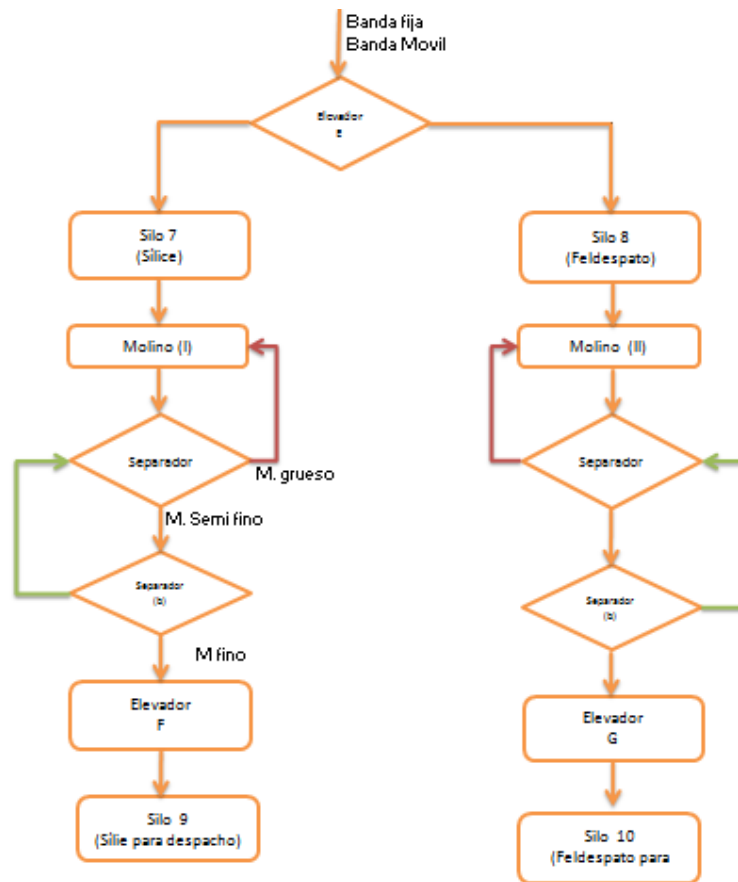


Diagrama elaborado por los autores

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





### **3.2 Evaluación ambiental inicial de la Planta.**

#### **3.2.1 Estudio del nivel tecnológico y medio-ambiental de la empresa, ventajas competitivas y determinación de un plan de innovación empresarial**

##### **ESTUDIO TECNOLÓGICO Y MEDIO-AMBIENTAL.**

La Planta de molienda y secado de la Empresa de pisos y cerámica Italpisos presenta un horario de trabajo de 24 horas al día, debido a la producción continua.

Esta Planta tiene un nivel tecnológico medio, el producto generado es sílice y feldespato bajo la granulometría especificada para su despacho. Se utiliza la misma línea de triturado y secado para procesar los minerales, limpiando dichas áreas para un cambio de materia prima.

Italpisos no ha realizado un plan, ni maneja programas ambientales para esta Instalación, los equipos empleados fueron traídos de una fábrica extranjera dedicada a una manufactura similar, por lo que su tiempo de vida útil trasciende los 40 años.

El área física de trabajo de esta planta es muy limitada, sin aspiración de expansión e implementación a futuro.

El desempeño económico no presenta mayores gradientes negativas, es estable, ya que el producto final va dirigido a empresas del mismo grupo cerámico.

Dentro de las principales operaciones para el tratamiento de sílice y feldespato, se tiene:

- Recepción y almacenamiento de materia prima.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



- Trituración y almacenamiento de material húmedo.
- Secado de material y almacenamiento.
- Molienda de material seco y almacenamiento final.
- Separación o recuperación de material fino.

Los puntos críticos que constituyen deficiencias tecnológicas para el proceso productivo se detallan de la siguiente manera:

- La maquinaria empleada fue diseñada para un proceso automático, sin embargo en zonas de transporte de material por elevadores, se acumula mucho de este elemento por un ineficiente control de la humedad del mineral o previo tratamiento térmico.
- Otro problema que genera residuo de material se encuentra en el transporte de sílice o feldespatos por medio de bandas transportadoras, las cuales por desgaste y falta de guías constituyen el factor principal para acumulación de material en las partes inferiores de los equipos.
- La presencia de polvo fino volátil es el mayor inconveniente, los puntos críticos responsables de esta situación son la acumulación de material no procesado de bandas transportadoras y escape de partículas de la estructura agrietada, así como falta de cubiertas en las zonas para toma de polvos o salida de los mismos a bocas de alimentación.
- La granulometría del producto final se ve afectada por fallas en la calibración del molino, esto conlleva a un reproceso del material, pérdidas energéticas y retrasos en entregas.
- El separador principal experimenta una limpieza semanal, el trabajo de succión de polvos no satisface el requerimiento de la planta, el método de filtrado por fundas resulta ineficiente, ya que la

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



acumulación de torta impide el paso normal y continuo de aire para su separación. Las fundas se limpian manualmente, empleando para esto a la mayoría de operarios, y la cantidad de polvo recogido excede los tres bigbags por ciclo de limpieza.

- En general los problemas de mantenimiento son continuos, agravándose con el tiempo por la vida útil de los equipos.

La Planta nunca se ha sometido a una Evaluación Ambiental<sup>7</sup>, por lo que no existe un registro de datos de la cantidad de material volátil y factores contaminantes. Sin Evaluaciones Ambientales realizadas o aprobadas, se espera que ante las autoridades de control, la empresa enfrente sanciones por incumplimiento.

El problema resultante de polvos en el ambiente son enfermedades profesionales, así como la contaminación al ambiente interno y externo, afectando principalmente en este punto a viviendas cercanas al lugar.

En la Planta de Molienda las personas que laboran en total son 10 incluido el Jefe de Planta, de acuerdo a las condiciones de trabajo, los obreros están sometidos a cierto riesgo a su salud por inhalación de polvos finos emitidos al ambiente interno.

El polvo que escapa de las grietas de máquinas y tuberías deterioradas, junto a la cantidad de residuo que se acumula y luego dirige al ambiente por levantamiento ante circulación de aire, predispone a los trabajadores a enfermedades que les puedan afectar a corto o largo plazo, sin olvidar que en Planta se realiza una vez a la semana una labor de limpieza del filtro, en la cual el trabajador entra en contacto directo con el elemento contraproducente.

Aunque a los trabajadores se les ha dotado de mascarillas especiales, existe momentos en que el ambiente de trabajo es tal que el polvo es un

---

<sup>7</sup> Información proporcionada por el jefe de planta.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



elemento común en el aire inhalado, y ante descuidos del uso de mascarilla o descanso de las mismas, es que se puede originar la afección, considerando también que no existe ningún control o exigencia para el uso de estos equipos de protección.

El principal foco de contaminación y predisposición a adquirir una enfermedad en el trabajo diario, es la emisión de sílice. De aquí se ha realizado un estudio en base a este mineral y su afección a la salud humana <sup>8</sup>.

### **VENTAJAS COMPETITIVAS**

*Según Barney (1991)* <sup>9</sup>, para que un recurso tenga el potencial de generar ventajas competitivas debe cumplir cuatro requisitos:

- 1) Ser valioso, de tal forma que le permita explotar oportunidades y/o hacer frente a las amenazas del entorno.
- 2) Ser escaso o raro entre los competidores actuales y potenciales.
- 3) Ser difícil de imitar o copiar por los competidores.
- 4) No tener sustitutos que puedan aportar el mismo valor.

Ante estos requisitos, descritos por Barney, vemos conveniente citar algunas ventajas y desventajas que posee la Planta de Molienda.

El tipo de economía que maneja la Planta es de escala ya que los costes unitarios de producción disminuyen al aumentar la cantidad de sílice y feldespato generados. Los clientes que se abastecen del producto son

---

<sup>8</sup> Los detalles sobre la Sílice y sus efectos se describen en el Anexo 9.

<sup>9</sup> Barney, J. B. (1991): Firms Resources and Sustained Competitive Advantage. Journal of Management 17. 99-120.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Empresas del mismo Grupo Cerámico, Rialto, Hypoo, Cerámica Andina, Kerámicos y Esfel.

El Grupo Cerámico al que pertenece la Empresa Italpisos dispone de la Planta de Molienda para distribuir materia prima a sus principales entidades, lo que hace que la competencia sea casi nula, y se presente una dependencia de suministro.

Ciertos factores tecnológicos impiden un desempeño normal de las actividades del proceso, sin embargo se mantiene una estabilidad económica por el requerimiento de materiales finales de forma permanente.

La incorporación de la Planta de Molienda se efectuó como un medio de aprovechamiento de material extraído de minas conseguidas en Limón, Marcabellí y El Descanso.

Los principales directivos del Grupo desarrollaron el proyecto de instalación y hoy en día el funcionamiento de la Planta como un medio para reducir los gastos en compra de mineral de extracción y tratamiento del mismo para su uso en porcelanato, cerámica plana, fritas y piezas sanitarias.

Los gastos externos que presenta la empresa disponen de un presupuesto fijo para tal actividad, debido a que la extracción y transporte de sílice es realizada por terceros, y el feldespatos extraído de minas propias mantiene un compromiso económico acorde con las exigencias de la empresa.

Los proveedores de sílice mantienen un abastecimiento constante a la planta, en cuanto al feldespatos su calidad dependerá del lugar de procedencia de las minas, de aquí su clasificación en Tipo A, B, C, según los requerimientos de uso de cada empresa.

En la actualidad se está realizando una investigación geológica de margas de excelente calidad, donde los porcentajes de sílice y feldespatos satisfagan las expectativas propuestas de trabajar con material que contenga menos impurezas. Si se obtienen buenos resultados de esta

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



investigación permitirá a la planta disminuir ciclos de trabajo al alternar los equipos para el tratamiento de sílice y feldespato, de esta manera la empresa sanitaria Hypoo sería una de las más beneficiadas, ya que es la que más se provee del producto y las exigencias para la generación de piezas sanitarias de mayor calidad (resistencia, plasticidad y compresión), se basan en materias primas puras o con la homogeneidad de minerales.

El manejo de la Planta está a cargo de Itaipos en lo relacionado a la parte administrativa y logística (coordinación de compras y ventas), la gerencia de la Entidad principal mantiene poca comunicación y el abasto para arreglos mecánicos y otros inconvenientes es muy limitado.

La autonomía económica que pudiera tener la Planta le permitiera obtener de sus propios recursos lo necesario para solucionar los inconvenientes internos, y si la producción fuera en auge como estrategia de expansión de mercado, se pensaría en proveer a empresas fuera del grupo, y de ahí exponerse en el medio como una entidad competitiva.

### **PLAN DE INNOVACIÓN EMPRESARIAL**

El tipo de innovación que se aplicará en la empresa es de tipo tecnológica, ya que se intentará mejorar el proceso con un cambio *incremental*<sup>10</sup> esto se hará a través de una implementación técnica. Optimizando el ciclo de recuperación de polvos finos, se reducirá la emisión de los mismos al ambiente interno y por ende la exposición de los trabajadores a este tipo de material.

Para una planta que procesa grandes toneladas de material por día, la pérdida que experimenta por paros en base a mantenimiento de equipos, es significativa, sin considerar la compra de repuestos periódicamente y el

---

<sup>10</sup> **Innovación incremental** : mejoras que se realizan sobre un producto, servicio o método existente  
[www.webandmacros.com](http://www.webandmacros.com)

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



efecto en costos directos, de sueldos de personal de producción y administrativo, así como retraso en entregas programadas.

Por los costos que implican los descuidos internos y falta de continuo desarrollo es que las plantas exitosas están tratando de ser proactivas, tratando de eliminar el hábito de reprocesar y diseñar un programa de mantenimiento para eliminar o minimizar las fallas.

La pro actividad tiene un componente vital que es la sinergia. El trabajo en equipo facilita el logro de los objetivos. Motivar a los empleados y hacerlos partícipes de una actitud proactiva sin duda propiciará mejores ideas y un ambiente laboral más productivo.

Partiendo que la “Pro actividad”<sup>11</sup> se define como un compromiso propio, no solo para un cambio sostenible desde el punto de vista empresarial, sino también medio ambiental, y que además no espera a que los cambios se efectúen para entrar en ese ritmo de transición, sino que se anticipa a estos acontecimientos y ser el promotor en el área para un despunte en su entorno, los gerentes deben ser los principales involucrados en asumir estos retos, ellos serán la cabeza de toda decisión tomada y siempre pensarán que la inversión de ser proactivos es un gasto que trae consigo remuneración efectiva y como puntos a reconocer prestigio corporativo y control de los recursos naturales, los cuales aparte de ser base de la Industria son la base de nuestra vida.

**El Mantenimiento Proactivo a implementar en la Planta de Molienda está basado en tres principios:**

1. Anticiparse a procedimientos defectuosos antes de originarse fallas que comprometan tiempos de operación.

---

<sup>11</sup> Berry, M. & Rondinelli, D. (1998)« Proactive Corporate Environmental Management», Academy of Management Executive, Vol. 12, NO.2, pp.38-50, May.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



2. Evitar paradas del equipo para mantenimiento correctivo.
3. Optimizar la producción y disminuir la generación de elementos de impacto a la salud, mediante la identificación de puntos de déficit técnico en máquinas ya sea por descuido diario de mantenimiento, vida útil de equipos o uso de maquinaria inadecuada.

Un punto importante cuando se implanta mantenimiento proactivo es considerar que nada se rompe sin una causa. Puede ser que no se pueda controlar la causa, pero conocerla nos ayuda a buscar alternativas y mejoras para compensarla.

Este tipo de innovaciones sería fácil de realizar si se cuenta con el apoyo económico del grupo empresarial, lo que beneficiaría de esta manera al mismo.

Cuando una máquina está funcionando en condiciones óptimas, hace su trabajo sin desperdiciar energía, sin vibraciones, bien alineada y con un mínimo de desgaste. En este estado puede trabajar muchos años sin reparaciones severas. Solo requiere cierto mantenimiento para que opere en estas condiciones. Un monitoreo de condiciones operacionales nos puede indicar la frecuencia necesaria para un mantenimiento preventivo.

Las innovaciones incrementales nos dan como rasgos predominantes la producción en masa, la intensidad en capital, una mano de obra según sus necesidades, donde la reducción de costes es el principal objetivo a alcanzar.

Lo valioso que tiene esta planta es que no tiene competidores dentro del grupo empresarial, ya que su nicho de mercado está bien definido, además cuenta con proveedores confiables y materia prima en cantidades necesarias.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





### **3.2.2 Determinación de los puntos críticos de contaminación y reproceso.**

Para determinar los puntos críticos de contaminación se procede a elaborar los flujogramas con las respectivas entradas y salidas para cada proceso que participa en la producción de sílice, y feldespato seco y molido

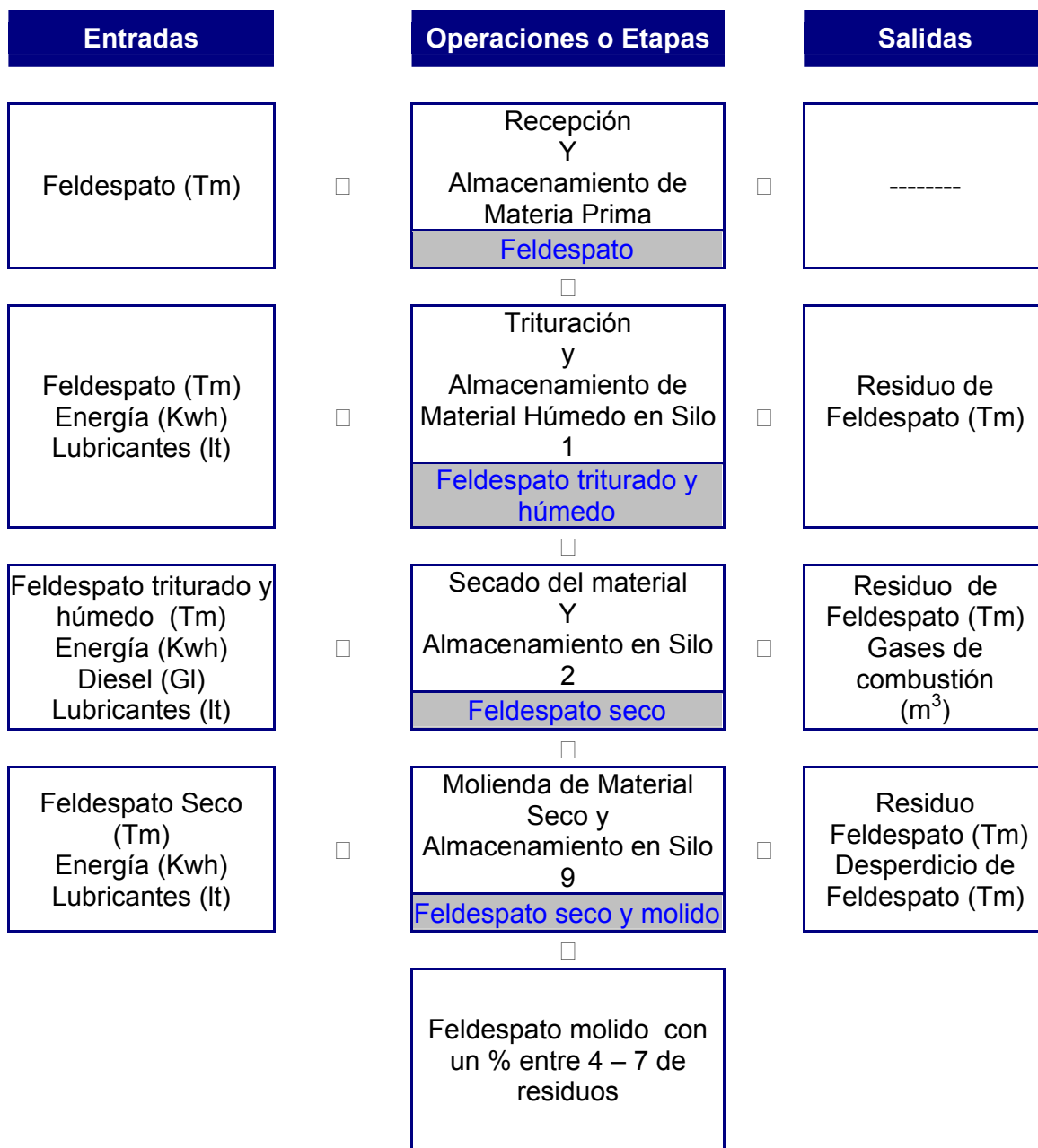
**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



Flujograma 1: Producción de Feldespato



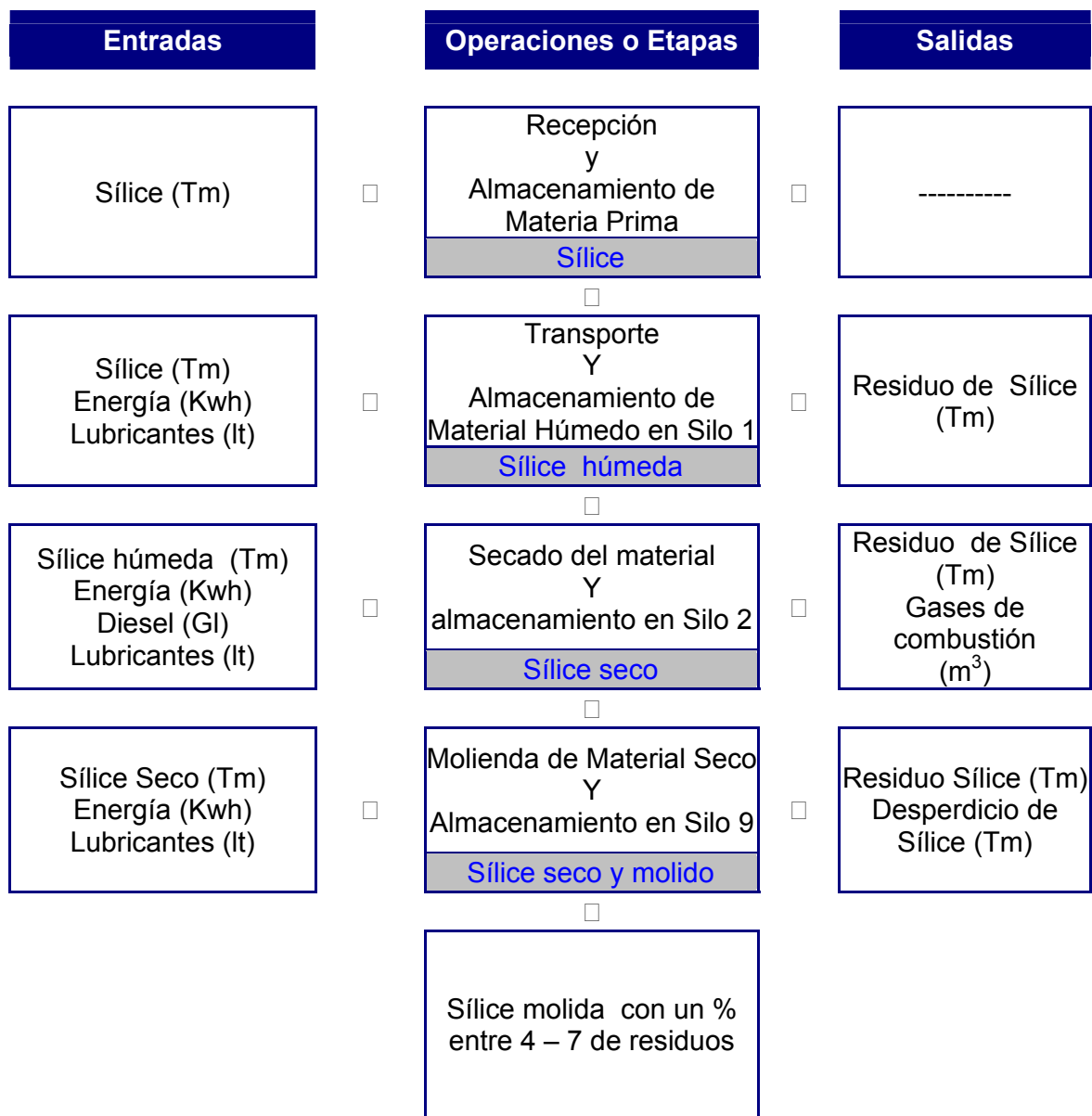
Elaborado por los autores.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Flujograma 2: Producción de Sílice**



**Elaborado por los autores.**



En base a lo enunciado en el diagnóstico tecnológico y medio-ambiental realizado, podemos definir que los puntos preponderantes en contaminación, generación de residuos y reproceso son:

- La acumulación de material rebosado, por mal transporte en bandas.
- La retención de material por exceso de humedad en el elevador de cangilones que transporta el material triturado al silo de almacenamiento de material a secar.
- El control inadecuado de la operación de molienda que conduce a reprocesamientos del material.
- La operación ineficaz del filtro principal, que conlleva a una limpieza permanente del mismo.
- La presencia de material fino en grandes cantidades que genera molestias en el entorno interno.
- Deterioro de equipos, que producen mantenimiento continuo y tuberías agrietadas que permiten el escape de material fino.

### 3.3 Balance de Materiales

#### **Evaluación de las líneas de proceso que conllevan a la aplicación de un estudio ambiental.**

Al analizar la parte productiva de la empresa (ver flujograma [1](#) y [2](#)), se determino que las operaciones en las que se desarrolla mayor porcentaje de material de reproceso e impacto al ambiente interno, e incluso perdidas por la presencia de tiempos muertos, y mal uso del personal de planta son:

- La línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespatos.
- La línea destinada a la separación de material fino.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



- La línea de transporte de material seco a los silos de almacenamiento correspondiente.
- La línea de molienda, tanto para sílice y feldespatos.

### 3.3.1 Evaluación de la línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespatos.

#### 3.3.1.1 Medición de la cantidad de residuo aportada en esta línea.

Para la evaluación de esta línea se propuso dos puntos de medida, uno mediante un balance de masa en el elevador EA, y otro en base de la cantidad de residuo desalojado en la banda b2.

Las mediciones en el elevador EA, no se pudieron realizar, por inconvenientes de variación de flujos de salida, la información de esta situación se ampliara más adelante

#### MÉTODO EMPLEADO PARA LA TOMA DE MUESTRAS EN LA BANDA b2

Para el muestreo realizado, se considero un lapso de 4 semanas durante el mes de junio, la toma se muestra se realizo en 2 o 3 días de cada semana indistintamente (**Ver Tablas de Control 1 en el [ANEXO 4](#)**), dándonos un total de 10 muestras.

El procedimiento a seguir se baso en los siguientes pasos (**Ver fotos [3](#), [8,11](#) en el [ANEXO 11](#)**):

1. Verificación del trabajo del equipo, en la línea de proceso en estudio.
2. Preparación del material para recolección de muestras (cubiertas plásticas de diversa dimensiones) y del EPP disponible (mascarillas), para evitar la inhalación de polvos finos del ambiente de trabajo.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



3. Colocación de las cubiertas plásticas a lo largo y por debajo de la banda de transporte.
4. Controlar la cantidad acumulada en el plástico por el lapso de una hora de producción, llevar el contenido a un saco y pesar en una balanza electrónica.
5. Los datos obtenidos fueron registrados en tablas de control, para un posterior análisis.

De las mediciones realizadas se obtuvo como valor promedio de la cantidad de residuos de feldespatos un valor de 21,67 Kg/h

### **3.3.1.2 Análisis de los inconvenientes presentados con respecto a la acumulación de material.**

Para la evaluación de esta línea debemos considerar que el feldespatos por su estructura química tiende a retener mayor cantidad de agua, es por esto que el monitoreo se realizó en operaciones que involucran el tratamiento de este material.

En la línea de triturado y almacenamiento de material húmedo, los puntos de generación de residuo se determinan en dos de los tres equipos empleados para el proceso en sí. Aunque el inconveniente para la empresa parte de la alternación de materias primas para su procesamiento, tanto en la tolva de recepción como en el triturador de martillos se aprovecha todo el material, antes de su paso a la banda transportadora b1 y luego al elevador de cangilones EA, en esta banda existe generación de residuos por rebose del elemento transportado, pero su incidencia es mínima.

En el elevador existe residuo de material por la humedad con que este se procesa, esto hace que quede retenido tanto en los cangilones como en la boca de descarga. Un operario tiene que limpiar constantemente la salida del equipo para evitar atascamientos. **(Ver foto N°1 y N°2)**

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Foto N°1 Descarga del Elevador EA, Planta de Molienda de Italpisos**  
**Fuente: Los Autores**



**Foto N°2 Descarga del Elevador EA, Planta de Molienda de Italpisos**  
**Fuente: Los Autores**

El proceso de triturado se para constantemente para limpieza del desboque del elevador, incluso se reubico el mecanismo de encendido y apagado de trituración en la parte alta, para facilitar la consecución del trabajo del operador. Las pausas de trabajo se efectúan para un descanso del obrero

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



con respecto a una limpieza continua, para acelerar el trabajo cuando se acumula mucho material, y para continuar de forma simultánea con la operación de triturado

No es posible realizar un balance de materia en el elevador, porque la salida del mismo dependerá del trabajo del operario, teniendo flujos variantes. De aquí se pueden establecer tiempos muertos por cada parada del proceso de triturado ante una limpieza permanente.

La línea en estudio como la mayoría de operaciones en la Planta se destino para una labor automática, sin embargo se emplea mano de obra que puede distribuirse en otras tareas, como limpieza.

Luego de la descarga del elevador, para el transporte de material al silo de almacenamiento se emplea una banda transportadora (b2) su superficie presenta gran desgaste, esto facilita a que el mineral se adhiera y no se desaloje por completo en la boca del silo S1, ante esto las partículas seguirán junto a la banda, depositándose en la parte inferior, se observa mayor acumulación cerca de la descarga del elevador, donde la banda retorna a su posición de carga y transporte normal. **(Ver foto N°3 y N°4)**



**Foto N°3 Banda b2, Planta de Molienda de Itaipisos  
Fuente: Los Autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





**Foto N°4 Banda b2, Planta de Molienda de Itaipisos**  
**Fuente: Los Autores**

### **3.3.2 Evaluación del equipo de separación de material fino para sílice y feldespatos.**

#### **3.3.2.1 Detalle del equipo y su funcionamiento**

Para la recuperación de polvos finos, en la Planta se utiliza un filtro de fundas, dicho equipo está constituido por dos cámaras, en la primera se recoge polvos de sílice, y en la cámara contigua polvos de feldespatos.

A la cubierta del filtro llegan los ductos de descarga del material, la toma de polvos se distribuye de la siguiente manera ([Ver foto N°5](#)):

- Plataforma superior de silos, y zona de desalojo.
- Abertura de descarga de elevadores.
- Entrada y salida de zaranda, molino cónico y molinos de bolas.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

Las cámaras del filtro cuentan con un espacio frontal destinado para las fundas de recolección y uno posterior para el trabajo de los ventiladores.

En el interior de cada cámara, en su parte anterior, están distribuidas 360 fundas recolectoras, cada una montada sobre una canastilla metálica en forma vertical. Para las dos cámaras tenemos un total de 720 fundas ([Ver foto N°6](#)).

En la parte inferior se encuentran tolvas de recepción, estas llevan el material recuperado a una canaleta dispuesta a lo largo de las dos cámaras, el transporte en la canaleta se realiza mediante un tornillo sin fin, al final de cada canaleta con respecto a la cámara de suministro existen ductos de desalojo que llevan el material recuperado al bigbag correspondiente.

Para la recolección de sílice y feldespato se utiliza dos ventiladores montados sobre un riel, este permite su traslado a lo largo de las cámaras, este mecanismo se ubica en la parte posterior, sin división alguna entre cámaras. En esta operación la velocidad del riel es controlada y regulada constantemente.

El filtro inicia su labor, al ingresar los polvos recolectados por los ductos de descarga a la parte anterior de la cámara, los ventiladores que tienen una acción permanente soplan aire a través de las canastilla al interior de las fundas, la torta formada por la acumulación de partículas, ante la presión del aire es desalojada a la tolva de recepción, la secuencia de suministro de aire va de forma continua canastilla por canastilla, ante esto la funda correspondiente experimenta una expansión de volumen para el desalojo de material.

El aire en la cámara de suministro es extraído por un ventilador y llevado a un ducto de gran volumen que comunica a los exteriores de la Planta.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Foto N°5 Ductos para toma de polvos, Planta de Molienda de Itaipisos**  
**Fuente: Los Autores.**



**Foto N°6 Fundas del Filtro, Planta de Molienda de Itaipisos**  
**Fuente: Los Autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



### 3.3.2.2 Determinación de la cantidad de polvo fino de sílice y feldespato obtenidos.

Semanalmente en la Planta se recoge una cantidad promedio de cinco bigbags de polvos entre sílice y feldespato.

En la limpieza semanal, realizada cada tercer día, la cantidad recogida es de 1,5 bigbag por cámara aproximadamente.

A continuación en la tabla N°1 se detalla la cantidad de polvos recogida por cámara de acuerdo a un seguimiento efectuado semanalmente en el mes de Junio.

Para la siguiente tabla se considera que un bigbag pesa entre 750 - 800 Kg aproximadamente

**Tabla N° 1: Cantidad de recolección de material fino**

	SEMANAS				MENSUA L
	PRIMERA	SEGUND A	TERCER A	CUART A	
<b>SILICE</b>					
<b>Producción normal</b>					
# BIG BAGS	3	2	2,5	2,5	
PESO (Kg)	2400	1600	2000	2000	<b>8000</b>
<b>Limpieza</b>					
# BIG BAGS	1	2	1	1,5	
PESO (Kg)	800	1600	800	1200	<b>4400</b>
<b>SUBTOTAL</b>					<b>10800</b>
<b>FELDESPATO</b>					
<b>Producción normal</b>					
# BIG BAGS	2,5	3	2	1	
PESO (Kg)	1875	2250	1500	750	<b>6375</b>
<b>Limpieza</b>					
# BIG BAGS	1,5	1	1	0,5	
PESO (Kg)	1125	750	750	375	<b>3000</b>
<b>SUBTOTAL</b>					<b>7875</b>
<b>TOTAL</b>					<b>18675</b>

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



### **3.3.2.3 Análisis de los inconvenientes presentados con respecto a la capacidad del equipo, acumulación de material y limpieza del filtro.**

El filtro destinado para la recolección de polvos presenta un bajo rendimiento en su trabajo, la capacidad del equipo se sobrestima debido a que sus partes funcionales experimentan deterioro.

No es complaciente con el medio ambiente, ya que a pesar de que se emplea para la toma y resguardo del material más fino, por su falta de mantenimiento tiende a ser un factor de gran incidencia en la contaminación de los exteriores de la empresa.

Si consideramos el funcionamiento del filtro, el aire acumulado en la zona posterior debe estar libre de impurezas para ser devuelto al medio, tal como se toma del mismo, en la Planta en estudio esta operación de evacuado se ve afectada por la presencia de polvos provenientes de la cámara de recolección que se desplazan hasta este lugar por rotura de las fundas, si partimos de que en las cámaras delanteras tenemos 720 fundas, y de ellas el 25% presentan este problema de deterioro, la cantidad de polvo llevada al ducto de salida es tal, que genera un gran desperdicio de polvos, los cuales pueden ser utilizados para su venta en beneficio de otras empresas, sin contar con las afecciones a personas, animales y vegetación cercana a la zona de emisión.

En el equipo el principal inconveniente radica en el desgaste de las fundas por la abrasividad del material, aunque la iniciativa por parte del Jefe de Planta de realizar parches de las fundas perforadas resuelve parcialmente este contratiempo, un mantenimiento permanente de este tipo para todas las unidades con daño, resultaría ineficiente para un trabajo continuo en el cual se desaloja gran cantidad de polvo, considerando la producción diaria, y los diferentes puntos para toma de estos materiales. Cuando se recolecta la sílice o feldespato en las respectivas cámaras y empieza el trabajo de los ventiladores internos, se generan dos fenómenos, el

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



primero el paso del material a la zona de desalojo, y luego a los exteriores arrastrado por el aire de succión, y el segundo la acumulación del polvo en los agujeros de los filtros, dando lugar a la formación de una torta la cual al no existir la suficiente presión por parte de ventiladores o adherencia en las fundas gastadas, queda permanentemente alojada ahí, de ahí que se realiza una limpieza semanal, para retirar el material entre fundas.

La limpieza semanal de los filtros se efectúa normalmente cada miércoles, para esta labor se emplea a cuatro de los trabajadores, estos con las debidas precauciones de protección personal, mascarillas y guantes apropiados, ingresan al interior de las cámaras y con la ayuda de baquetas inician la recolección del mineral retenido entre las fundas, luego funda a funda se revisan los acoples a las canastillas, y de algunas se cambian. Antes de ubicarlas al lugar correspondientes se elimina el polvo sobrante, por golpes sobre las mismas. Las personas que ingresan al filtro tienen inconvenientes para movilizarse y aún más para ingresar con la herramienta para destapar los depósitos de material acumulado.

Las fundas que presentan roturas se separan para un parchado instantáneo, durante todo este proceso se realiza una para de las actividades normales de la Planta, por falta de personal en las zonas de descarga y regulación electrónica de máquinas.

El material que cae de cada funda va a la tolva inferior (**Ver foto N°7**) y por la canaleta correspondiente se transporta a un bigbag, en cada jornada se recolecta cerca de un bigbag y medio por cámara.

El tiempo empleado para la limpieza del filtro es de 4 a 5 horas

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Foto N°7 Tolva de despacho del Filtro, Planta de Molienda de Itaipisos  
Fuente: Los Autores**

### **3.3.3 Evaluación de la línea de transporte de material seco a los silos de almacenamiento correspondientes.**

#### **3.3.3.1 Medición de la cantidad de residuo aportada en esta línea.**

#### **MÉTODO EMPLEADO PARA LA TOMA DE MUESTRAS EN LA BANDA FIJA Y MÓVIL**

Para el muestreo realizado, se considero un lapso de 4 semanas durante el mes de junio, la toma de muestra se realizo en 2 o 3 días de cada semana indistintamente ([Ver Tablas de Control 1 y 2 en el ANEXO 4](#)), dándonos un total de 10 muestras.

El procedimiento a seguir se baso en los siguientes pasos (**Ver fotos [4](#), [5](#), [7](#), [10](#), [11](#) del ANEXO 11**):

Verificación del trabajo del equipo, en la línea de proceso en estudio.

1. Preparación del material para recolección de muestras (cubiertas plásticas de diversa dimensiones) y del EPP disponible (mascarillas), para evitar la inhalación de polvos finos del ambiente de trabajo.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



2. Colocación de las cubiertas plásticas a lo largo y por debajo de la banda de transporte.
3. Controlar la cantidad acumulada en el plástico por el lapso de una hora de producción, llevar el contenido a un saco y pesar en una balanza electrónica.
4. Los datos obtenidos fueron registrados en tablas de control, para un posterior análisis.

De las mediciones realizadas se obtuvo como valor promedio de la cantidad de residuos recolectados lo siguiente:

	<b>Sílice (Kg/h)</b>	<b>Feldespató (Kg/h)</b>
<b>Banda Fija:</b>	<b>2,39</b>	<b>2,35</b>
<b>Banda Móvil:</b>		
<b>S3</b>	---	<b>0,10</b>
<b>S4</b>	---	<b>0,04</b>
<b>S5</b>	<b>0,14</b>	---
<b>S6</b>	<b>0,19</b>	---

### **3.3.3.2 Análisis de los inconvenientes presentados con respecto a la acumulación de material.**

Los problemas presentados en la línea de transporte de material seco, se basan en una desalineación de la banda de transporte móvil a los diferentes silos, las desviaciones suscitadas no permiten que el material vaya por el centro de la cinta transportadora, lo cual se observa por la huella dejada por el mineral, a esto se añade el desgaste de la lona de las bandas transportadoras, en las cuales se adhiere cada uno de los elementos a almacenar

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





### 3.3.4 Evaluación de la línea de proceso de Molienda para sílice y feldespatos.

#### GRANULOMETRIA A LA ENTRADA DEL MOLINO

El material que ingresa al molino fue sometido a un análisis granulométrico a través de varios tamices, los cuales se detallaran más adelante

La determinación granulométrica del material en estudio, se lo realizara mediante el método húmedo-seco:

#### Procedimiento:

- ◆ Determinar la humedad del material en el analizador de humedad para poder pesar el material neto.
- ◆ Tomar 200 g de material (peso neto).
- ◆ Lavar suavemente con las yemas de los dedos hasta que el agua salga completamente limpia.
- ◆ Pasar el material retenido a un recipiente para secarlo en una hornilla.
- ◆ Agitar con la ayuda de la pinza para evitar que se proyecte, hasta que esté completamente seco.
- ◆ Dejar enfriar.
- ◆ Pesarse el material seco y colocarlo en el tamiz más fino (malla 200) de la batería de tamices y agitarlo.
- ◆ Dejar reposar por 3' – 5'
- ◆ Pesarse el retenido en cada tamiz y hacer los cálculos respectivos

#### Datos:

$$\% \text{ humedad} = 0,32\%$$

100g Bruto	(100 – 0,32) g Netos
X	200g Netos

#### Autores:

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**X= 201 g Netos**

**Resultados promedio <sup>[12]</sup>:**

Para la Sílice es 98,3% de retenidos en malla # 200

Para el Feldespato es 99,2% de retenidos en malla # 200

Tomando en cuenta la cantidad de retenidos que entran al molino provenientes de los separadores tenemos el siguiente % de material que nuevamente entra al molino.

El método utilizado para la granulometría es el mismo que se utilizó en el control del material despachado (ver pág. 11,) mediante este análisis se obtuvieron los siguientes datos:

**RETORNO → % DE RETENIDOS**

<b>Prueba Nº</b>	<b>MOLINO M1</b>	<b>MOLINO M2</b>
1	52,20%	62,60%
2	64,10%	40,10%
3	50,10%	63,40%
4	63,65%	45,78%
5	56,43%	41,96%
6	82,01%	58,69%
7	59,38%	61,87%
8	62,18%	63,62%

**Promedio de retenidos:**

**Molino M1** → 61,26% de Feldespato

**Molino M2** → 54,75% de Sílice

<sup>12</sup> Datos promedios obtenidos en las respectivas pruebas (ver Anexo 1)

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



Esto nos indica que alrededor del 40% de carga que entra a M1 por recirculación corresponde a material fino, que debería ir a los silos de almacenamiento y no retornar al molino

En el caso de M2 vemos que la cantidad que retorna es mayor, aproximadamente la mitad de la carga es fina.

### **3.3.4.1 Medición de la cantidad de material desperdiciado a la entrada y salida del molino.**

#### **MÉTODO EMPLEADO PARA LA TOMA DE MUESTRAS A LA ENTRADA Y SALIDA DEL MOLINO.**

Para el muestreo realizado, se considero un lapso de 4 semanas durante el mes de junio, la toma de muestra se realizo en 2 o 3 días de cada semana indistintamente ([Ver Tablas de Control 1 en el ANEXO 4](#)) dándonos un total de 10 muestras.

El procedimiento a seguir se baso en los siguientes pasos (**Ver Fotos [6,9](#) en ANEXO 11**):

1. Verificación del trabajo del equipo, en la línea de proceso en estudio.
2. Preparación del material para recolección de muestras (cubiertas plásticas de diversa dimensiones) y del EPP disponible (mascarillas), para evitar la inhalación de polvos finos del ambiente de trabajo.
3. Colocación de las cubiertas plásticas a la entrada del molino, por debajo de la banda de transporte.
4. Controlar la cantidad acumulada en el plástico por el lapso de una hora de producción, llevar el contenido a un saco y pesar en una balanza electrónica.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



5. Los datos obtenidos fueron registrados en tablas de control, para un posterior análisis.

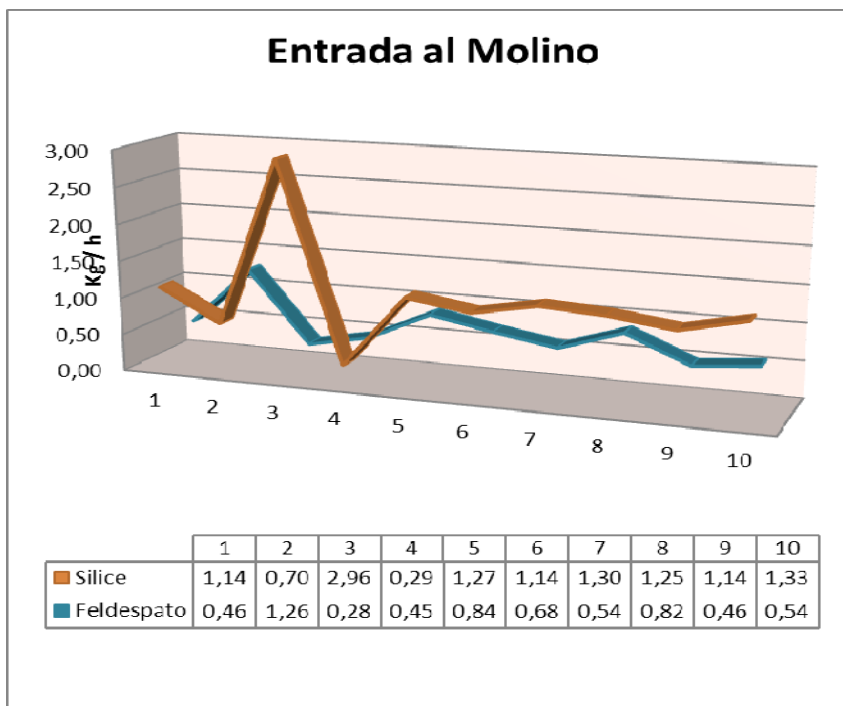
**NOTA: Los valores para la cantidad de residuo a la salida del molino resultaron despreciables, por lo que el estudio se basará únicamente a la entrada del mismo.**

Los valores promedio tomados par en cada uno de los muestreos a la entrada y salida del molino se registran de la siguiente manera:

**Sílice:** 1,25 Kg/h.

**Feldespato:** 0,63 Kg/h.

En la grafica N.1 podemos observar como varia la cantidad de residuos recolectados, tanto para la sílice como para el feldespatos.



**Grafica N. 1 Medición de la cantidad de residuo  
Elaborado por los autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



### 3.3.4.2 Determinación de causas generadoras de residuo y reproceso de sílice y feldespato.

En la molienda del material procedente de los silos del proceso de secado, se utilizan dos molinos de bolas, HARDINGE, el diámetro de estos molinos es de 2,25 m, la capacidad del equipo para la producción es de 800 Kg/h, la operación en sí se realiza de forma simultánea con la descarga del material del silo, de acuerdo con los requerimientos de las empresas a las que se abastece. En Planta el trabajo se desarrolla de tal manera que se desaloja el material del silo correspondiente y se lleva al molino de feldespato M1 o al de sílice M2, **(Ver foto N°8).**



**Foto N°8 Molino de Bolas Hardinge, Planta de Molienda de Italpisos  
Fuente: Los Autores**

Los ajustes del funcionamiento del equipo se llevan a cabo desde el panel de control, ubicado cerca de los dos molinos, la persona encargada de estas labores es únicamente el Jefe de Planta.

En la molturación de los minerales, los molinos se llenan inicialmente con cuerpos molidores de diferente diámetro, como el molino empleado posee una cámara, la distribución de las bolas de porcelana se dará a lo larga de esta zona, a medida que gire la carcasa, las bolas grandes se desplazan hacia el punto de descarga. El rompimiento inicial de las partículas de la alimentación se realiza por las bolas grandes, que caen desde la mayor

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



altura; las partículas pequeñas se reducen por las bolas pequeñas, que bajan desde una altura menor, esta operación de las bolas es cíclica.

Para la carga de los cuerpos moledores en los molinos, el responsable de Planta realizo cálculos en base a desgaste de bolas cerámicas, y dimensiones del equipo, pero no considera la granulometría de entrada del material, estos cálculos no se nos fue indicado, en base a esto estableció una tabla para la disposición de bolas grandes, medianas y pequeñas (**Ver tabla N°2 y N°3**).

**Tabla N°2**

<b>MOLINO N° 1</b>	
<b>CARGA DE BOLAS INICIAL</b>	
<b>Bolas</b>	<b>Unidad</b>
Grandes	2374
Medianas	583
Pequeñas	1261
Total	4218

**Tabla N°3**

<b>MOLINO N° 2</b>	
<b>CARGA DE BOLAS INICIAL</b>	
<b>Bolas</b>	<b>Unidad</b>
Grandes	4747
Medianas	1145
Pequeñas	2521
Total	8413

**Fuente: Registros de la Empresa**

### **REPROCESO**

La base para la presencia de reprocesos está en el ajuste de la alimentación y descarga de sólidos. Para estas operaciones en el molino está dispuesto un desnivel de peso a la entrada de material (**Ver foto N°9**), para regular el paso del mismo, y una compuerta de paso a la salida del molino, antes del ventilador de succión, la cual es regulada por una palanca externa, manipulada por el Jefe de Planta.

Para el control de la carga del molino se emplea un oído electrónico, este dispositivo comunica los decibeles a los cuales se está moliendo, para esto

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



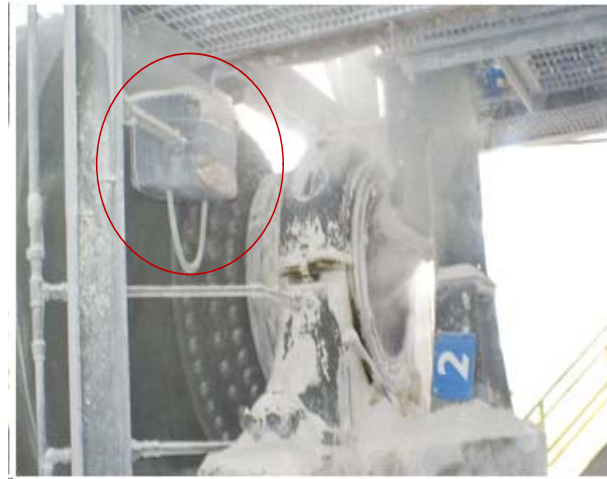
se encuentra ubicado un receptor en la parte posterior y superior del molino (**Ver foto N°10**), la amplitud de este mecanismo es de 0 a 200 dB; pero el rango aceptado para evitar una sobrecarga o un desperdicio de energía por falta de materia, se encuentra entre 140-150 dB. En el trabajo diario el control del oído electrónico se deja a alguno de los trabajadores en turno, ante la serie de tareas en la planta o por descuido, olvidan chequear el registro en la consola y regular el paso de material a la entrada.



**Foto N°9 Alimentación Molino, Planta de Molienda de Itaipisos**  
**Fuente: Los Autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Foto N°10 Oído Electrónico, Planta de Molienda de Italpisos  
Fuente: Los Autores**

Para controlar el material de despacho se realiza cada hora un análisis de granulometría, mediante la determinación del porcentaje de retenidos a la malla #200.

Para una producción desajustada a los parámetros de control, es decir cuando las muestras tomadas en el ducto de salida del silo final, muestran una tendencia negativa de porcentaje de retenidos, se corrobora los resultados con muestras tomadas en los bigbags descargados, y de ahí como consecuencia es que se realiza un reproceso.

- ◆ Si el producto es muy fino, por debajo del 4% de retenido, los bigbags llenados con este elemento se transportan a la parte posterior del elevador que descarga en los silos finales y ahí dependiendo de la cantidad de sacos, se emplean hasta dos personas para llevar manualmente con palas el material a los cangilones, de esta manera se pretende que los sólidos finos se mezclen con el resto del procesado y obtener una granulometría dentro del rango de despacho.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



- ◆ Si el producto se encuentra por encima de lo establecido, un 7% de retenidos, lo descargado a los bigbags, se transporta por medio de un montacargas manual a la banda que dirige el material a los silos de almacenaje, previo a la molienda.

Aunque las pruebas del producto se efectúan constantemente, y se corrige el paso de finos y retorno de sólidos gruesos, las variaciones en algunos días productivos son permanentes, esto por descuidos de trabajadores; y mantenimientos de máquinas en las que se necesita la ayuda del Jefe de Planta (**Ver foto N°11**), única persona autorizada para ajustar la descarga del molino y mantener la sílice o feldespatos en las medidas correctas.

Con respecto al mantenimiento de los molinos, al igual que todos los equipos tienen un mantenimiento general, el que se lleva a cabo cada año, y si lo amerita se realiza cambios de partes averiadas.

Estos equipos presentaban inconvenientes en lo referente a lubricación de motores, responsable directo de esto, el mecánico de área, por falta de un chequeo permanente.



**Foto N°11 Mantenimiento con ayuda del Jefe de Planta, Planta de Molienda de Itaipisos**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Fuente: Los Autores

### RESIDUOS

La presencia de residuos a la entrada y salida de molienda (**Ver foto N°12**), se genera:

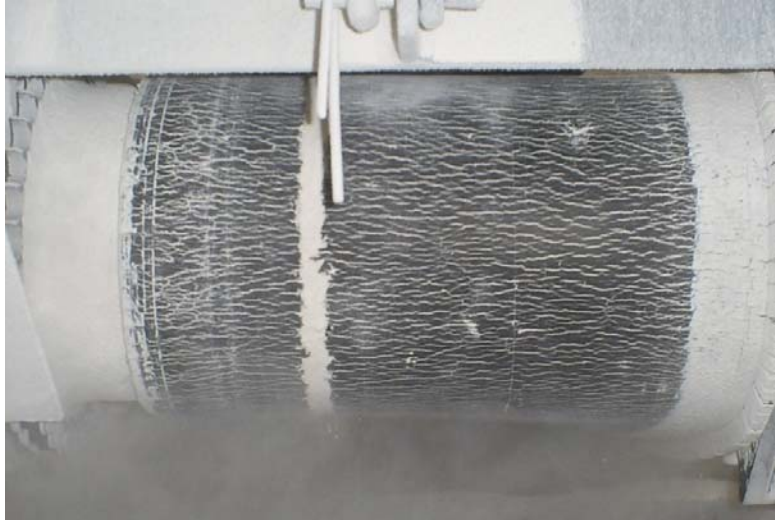
- ◆ Por desgaste de las bandas de transporte que van de la boca de descarga del silo a la entrada del molino (Ver foto N°13), en estas se adhiere material y acumula en la parte inferior.
- ◆ Por desajuste o desgaste de los empaques en los muñones de la salida del molino.
- ◆ Por agrietamiento de la coraza del molino, en mínima proporción.



**Foto N°12 Desperdicio- entrada molino, Planta de Molienda de Itaipos**  
**Fuente: Los Autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Foto N°13 Desgaste de bandas - entrada molino, Planta de Molienda de Itaipisos**

**Fuente: Los Autores**

Los sólidos que escapan al entorno provienen del material de retorno del separador, este se descarga a la entrada del molino, en donde no existe cubierta que controle el flujo de salida y su dispersión al ambiente de trabajo (**Ver foto N°14**).



**Foto N°14 Polvo a la entrada molino, Planta de Molienda de Itaipisos**  
**Fuente: Los Autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**3.4 Elaboración de un plan de optimización del proceso basado en un levantamiento de oportunidades con respecto a implementación de equipos de mayor tecnología, mejoramiento en la infraestructura actual, todo con su debido despliegue de funcionamiento con respecto a cada línea.**

**3.4.1 Línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespatos.**

Si realizamos un análisis de los inconvenientes presentados en la línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespatos, podemos considerar que de forma inicial estos se fundamentan en las características físicas del material, como lo es su humedad, con la cual llega al patio de recepción, se almacena y está sujeto a las condiciones del medio que pueden modificar esta característica, de forma positiva, eliminando la humedad ante un incremento de temperatura, o negativa por un exceso de vapor de agua en el aire.

El mineral aunque viene adhiriéndose al metal de los equipos desde la recepción en la tolva para el triturado (**Ver foto N°15**), presenta en sí una incidencia de pérdida, por acumulación en el elevador de cangilones EA (**Ver foto N° 16**) y posteriormente en la banda de transporte b2 (**Ver foto N° 17**), por retención de mineral y acumulación a lo largo de la parte inferior de la misma.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Foto N°15 Material de residuo- Tolva de alimentación, Planta de Molienda de Itaipos**



**Foto N°16 Material retenido-Boca de descarga Elevador EA, Planta de Molienda de Itaipos**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Foto N°17 Material retenido-Banda b2, Planta de Molienda de Itaipisos  
Fuente: Los Autores**

### **ELEVADOR DE CANGILONES**

El Elevador está constituido de las siguientes partes:

- Cangilones de transporte de material.
- Un elemento sinfín sobre el cual se fijan los cangilones.
- Una rueda superior y otra inferior, cuyos ejes de giro están colocados generalmente en la misma vertical, o ligeramente desplazados.
- Un grupo moto-reductor de accionamiento de la rueda superior.
- Una caja dentro de la cual van situados: el elemento sinfín, los cangilones y las ruedas. En su parte superior lleva una boca de descarga y en la inferior la de carga.

El tipo de elevador de cangilones que se emplea en la fábrica es el de descarga centrífuga o de descarga por gravedad, utilizado para

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



material que tiende a pegarse, de tipo vertical, de banda y con cangilones espaciados.

Desde que el material entra a los cangilones, la adherencia de las partículas se genera en cada uno y luego de desplazarse internamente a lo largo de la cubierta, se produce la obstrucción de la boca de descarga, debido a que el material tiende a compactarse y constituir un solo aglomerado que impide el paso normal a la banda transportadora subsiguiente.

Para resolver el inconveniente se emplea a un trabajador para que realice un continuo desatascamiento. Se prevé un trabajo discontinuo por parte del operador, para descanso de la labor manual y desbloqueo de un exceso de material, mediante el uso de un mecanismo de encendido y apagado de la trituradora y posterior paso al elevador de cangilones, éste se encuentra ubicado en la parte alta donde se efectúa el trabajo manual.

### **MEJORAS A APLICAR**

Evaluando el sistema de transporte de acuerdo a las tablas expuestas a continuación (tabla N°4), los elevadores utilizados en la planta son los apropiados para este tipo de procesos, esto con respecto al tipo de cangilones empleados y descarga del material.

El cangilón utilizado de acuerdo a la norma DIN 15224 es de forma profunda y apropiada para materiales pesados, pulverulentos o en trozos grandes; arena, cemento, carbón. Los cangilones están sujetos a una banda y en forma espaciada.

El material transportado, ante una humedad evaluada entre 6 y 8 % sería el factor a modificar.

Como una alternativa para la resolución de este inconveniente, se propone la implementación de una cámara de secado del material, previo su ingreso a la trituradora. Para este efecto y evitar gastos en lo pertinente a fuentes

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

energéticas, se puede emplear los gases procedentes del secador principal, los cuales están a una temperatura de 80°C, manteniendo que la gradiente de temperatura no varié mucho al entrar en la cámara inicial, acoplado para esto, material aislante alrededor de la tubería que lleve los gases a la cámara de secado.


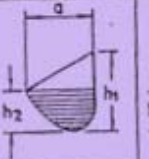
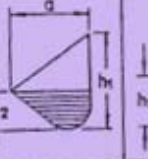


DIN	15231	15241	15232	15242	15233	15243	15234	15244	15235	15245
Ejecución	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición	Chapa	Fundición
Forma	Altura reducida		Altura reducida redondeada		Semiprofundos		Profundo		Profundo	
Figura										
Apropiados para	Materiales sueltos Harina Sémola		Materiales en trozos pequeños; cereales		Materiales pegajosos: azúcar en caña, finos de carbón, húmedos		Materiales pesados, pulverulentos o en trozos grandes; arena, cemento, carbón		Materiales ligeros y fluidos o rodantes: cenizas o patatas	

Tabla N°4. Forma de los Cangilones

Fuente: Tesis desarrollada en la Planta Explominas S.A

### BANDAS TRANSPORTADORAS

En el ámbito de la industria, el manejo y manipulación de materiales constituye una parte fundamental dentro del proceso productivo. Los requerimientos de grandes volúmenes de producción han hecho que los transportadores continuos de bandas se constituyan en los elementos más adecuados para mover material al granel, principalmente cuando se trata de grandes distancias y tonelajes.

Una cinta transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre ésta es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad.

Las cintas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados.

### **MEJORAS A APLICAR**

La presencia de residuos en el área de la banda b2, se origina por material retenido en la lona de la misma, ante esta situación se puede realizar un cambio de banda, de características similar o mediante un estudio previo acondicionar una banda de mayor resistencia, y esperar que con el ajuste inicial de la humedad del material el tiempo de vida útil se incremente.

En la banda actual se nota deterioro de su capa exterior y parchado de la misma en zonas de transporte, donde tiende a acumularse mayor cantidad de el mineral, en esta parte del análisis es donde se determino la mayor concentración de residuos.

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de las cintas transportadoras; también en el aspecto económico lo es, en general, el componente de mayor precio. Se sabe que conforme aumenta la longitud, también crece el costo de la banda respecto del total.

La banda transportadora empleada en el almacenamiento de material húmedo es de tejido sintético, de una capa, y el aspecto de su superficie es liso. Las fuerzas a las que están sometidas se detallan de la siguiente manera:

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



- ⊕ Fuerzas longitudinales, que producen alargamientos
- ⊕ Peso del material entre las ternas de rodillos portantes, que producen flexiones locales, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal, y ello a consecuencia de la adaptación de la banda a la terna de rodillos.
- ⊕ Impactos del material sobre la cara superior de la banda, que producen erosiones sobre la misma.

Para soportar adecuadamente las influencias anteriores, la banda está formada por dos componentes básicos:

- El tejido o Carcasa, que transmite los esfuerzos.
- Los recubrimientos, que soportan los impactos y erosiones.

De los componentes de la banda, en nuestro caso de estudio, el desgaste enunciado es el referente a los recubrimientos, la goma es el elemento básico de estos; las bondades que este proporciona a la banda son propiedades mecánicas, de resistencia, alargamiento y abrasión.

Sin la presencia de estas capas de recubrimiento en la parte superior e inferior, la lona empezará a experimentar un desgaste más profundo de el tejido o carcasa, provocando a futuro y como se indica en la foto N°18 la perforación del material, como alternativas temporal a estos problemas se procede a parchar la zona afectada.

Para evitar la aparición de residuos que determinen una pérdida en producción, se debe establecer la abrasividad del material de trabajo, el tamaño de partículas, entre otras características, y en base de esto seleccionar la banda apropiada, como se indica en la **tabla N°5**.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Foto N°18 Banda b2 con parchamiento, Planta de Molienda de Itaipos  
Fuente: Los Autores

Tabla N°5. Características de algunos materiales para su transporte

Material	Estado	Dens.	Ángulo talud	Incl. máx.	Grado abras.
Ácido fosfórico	granulado	1	25	13	B
Alúmina	granulado	0,75	30	12	C
Arcilla seca	granulado	1,75	35	21	C
Arcilla seca	trozos	1,1	35	19	B
Arena de fundición	granulado	1,35	45	24	A
Arena de fundición	trozos	1,5	40	22	A
Arena húmeda	granulado	1,95	45	21	A
Arena seca	granulado	1,6	35	17	A
Arroz		0,75	20	8	C
Asbestos	mineral	1,3	20	-	A
Asbestos	desmenuzado	0,4	45	-	B
Asfalto	triturado	0,7	45	-	C
Azufre	polvo	0,9	25	21	C
Azufre	trozos 12 mm.	0,9	25	20	C
Azufre	trozos 75 mm.	1,35	25	18	C
Cemento	portland	1,5	39	12	B
Cenizas	secas	0,6	40	22	B
Cenizas	húmedas	0,75	50	25	B
Cinc	concentrado	1,25	25	-	B
Coque	suelto	0,5	45	18	A
Cuarzo	trozos	1,45	25	-	A
Dolomitas	trozos	1,5	20	22	B
Escoria	fundición	1,35	25	10	A
Escoria	granular, seca	1	25	14	A
Esquisto	polvo	1,2	35	20	B
Esquisto	triturado	1,35	28	15	B
Feldespató	< 12 mm.	1,25	38	18	B
Feldespató	15 - 80 mm.	1,6	34	17	B
Fosfato trisódico	granulado	1	26	11	C
Fosfato trisódico	polvo	0,8	40	25	C
Granito	trozos	1,4	25	-	A
Grava	seca	1,5	25	16	A

Auto  
Jess  
Jaim

## CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE BANDAS EN GENERAL

La capacidad de transporte depende básicamente del ancho y la velocidad de la banda. Otros factores que intervienen son: el ángulo de artesa, el ángulo de talud natural del material (ver Fig. No 1), su densidad y la inclinación del transporte, con la corrección que se estime por las posibles irregularidades en la carga del material.

La base del cálculo está en la superficie ocupada por el material sobre la banda, que en función de la velocidad nos da el volumen transportado.

Se parte de la capacidad teórica  $Q_m$  (tabla N°6), que corresponde a un transporte horizontal en condiciones de alimentación y distribución del material totalmente regular.

Como se refiere a  $m^3/h$  y a una velocidad de 1 m/seg., habrá que multiplicar este valor por la velocidad  $v$  y por el peso específico aparente del material.

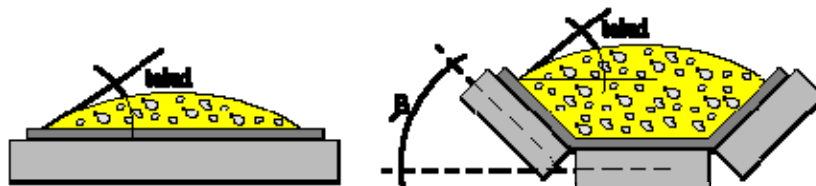


Fig. N° 1. Ángulo de talud natural del material

Este valor se corrige en función de la inclinación del transporte según el coeficiente  $K$  (tabla N°7) y el ángulo de talud natural del material (tabla N°8). Por último, se reduce el resultado en el porcentaje que se estime por irregularidad de la carga (oscila normalmente entre el 0% y el 50%).

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Tabla N°6. Capacidad de transporte  $Q_m$  para  $v= 1\text{m/seg}$ , en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Ancho	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de $\beta$ indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
400	23	42	47	51	54	56	58
450	30	55	61	67	70	73	76
500	38	70	77	84	89	93	96
550	48	87	96	105	111	115	119
600	58	106	116	127	134	139	145
650	69	126	139	151	160	166	173
700	81	148	163	178	188	195	203
750	94	172	189	206	218	227	235
800	108	198	217	237	251	261	271
850	123	225	247	270	286	297	308
900	139	254	280	305	323	335	348
950	156	285	314	342	362	376	391
1.000	173	318	350	381	404	420	436
1.100	212	389	428	467	494	513	533
1.200	255	467	513	560	593	616	640
1.300	301	552	607	662	701	729	756
1.400	351	644	709	773	818	850	883
1.500	406	744	818	892	944	982	1.019
1.600	464	850	935	1.020	1.080	1.122	1.165
1.800	592	1.085	1.193	1.301	1.377	1.432	1.486
2.000	735	1.348	1.482	1.617	1.711	1.779	1.846
2.200	894	1.639	1.803	1.967	2.081	2.163	2.245

Tabla N°7. Valores del coeficiente "K".

Inclinación $\delta$	K
0	1
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81
21	0,78
22	0,76
23	0,73
24	0,71
25	0,68
26	0,66
27	0,64
28	0,61
29	0,59
30	0,56

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.

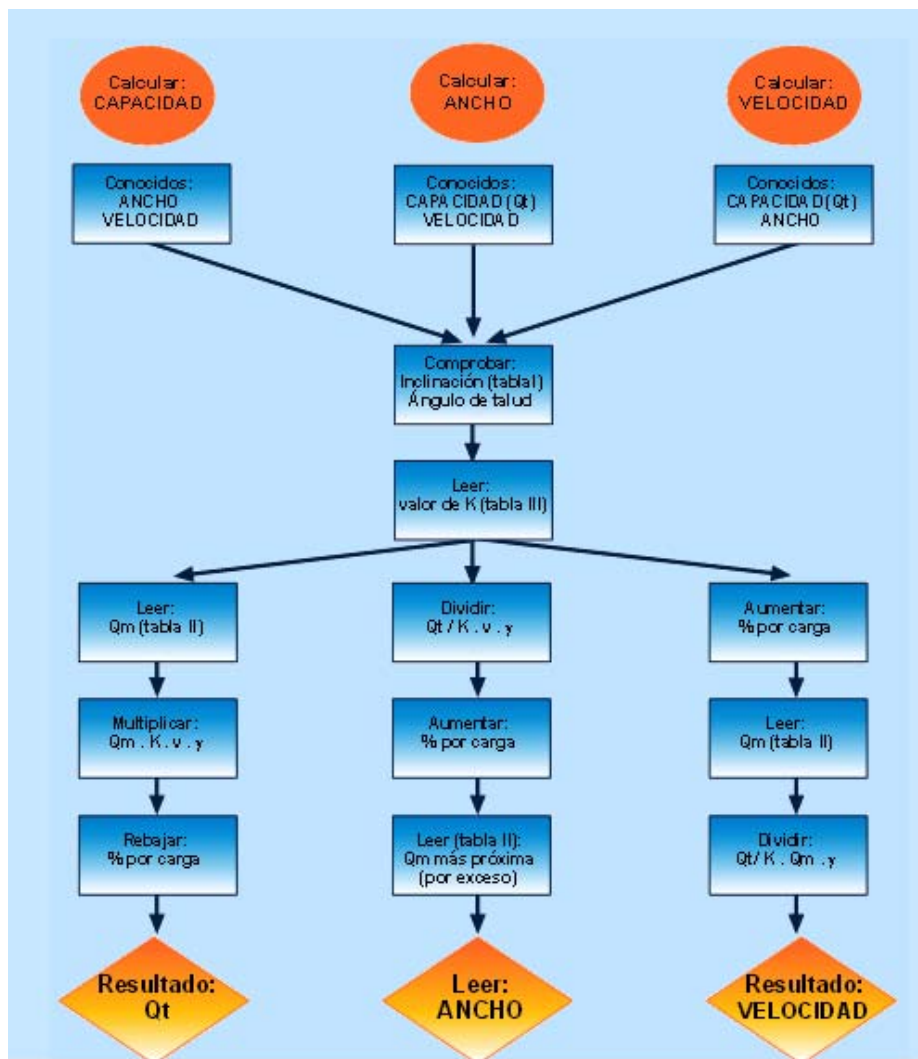


**Tabla N°8. Coeficientes de corrección según Talud**

Ángulo Talud	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de $\beta$ indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
10	0,50	0,77	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,50	1,24	1,21	1,19	1,17	1,16	1,14

Fuente de tablas N° 5, 6, 7, 8: KAUMA S/A, Industria manufacturera del caucho.

Resumido en forma gráfica, el proceso de cálculo es el siguiente:



Fuente: KAUMA S/A, Industria manufacturera del caucho

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Determinada la capacidad de transporte de la banda, es fundamental la selección de la calidad de los recubrimientos en base al material que cargue y los factores ambientales o de proceso a los que se encuentra sometido.

### CALIDADES DE LOS RECUBRIMIENTOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS

#### Calidades Normalizadas

Son las de uso más general y se basan en las **normas DIN-22102, DIN-22131 y UNE-18052**. Según DIN, se caracterizan como sigue:

LETRA DISTINTIVA	ROTURA (N/MM <sup>2</sup> )	ALARG. ROTURA (%)	ABRASIÓN (MM <sup>3</sup> )
W	18	400	90
X	25	450	120
Y	20	400	150
Z	15	350	250

Entendiendo estos valores como mínimos, excepto en la abrasión que son máximos.

#### Calidad Anti abrasiva Extra

Para bandas sometidas a trabajo con materiales altamente abrasivos, disponemos de una calidad especial que corresponde al grado W de la tabla anterior, mejorado, con una rotura superior a 20 N/mm<sup>2</sup> y abrasión inferior a 80 mm<sup>3</sup>.

#### Calidad Anti corte

Para aplicaciones en las que las condiciones del material provocan cortes y desgarrones frecuentes en el recubrimiento de la banda, disponemos de una

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



calidad específica anti corte, del tipo de la usada en las ruedas de grandes vehículos todo-terreno, que trabajan en condiciones de trabajo extremas.

### **Calidad Ignífuga y Antiestática**

Para aplicaciones en minería de interior y de acuerdo con las normas y requisitos vigentes, suministramos bandas en calidades auto extingüibles y conductoras que evitan la propagación del fuego y generación de cargas estáticas o generación de calor por fricción, que puedan iniciar la deflagración de gases inflamables.

### **Resistente a la Temperatura**

Hasta una temperatura de 130°C en servicio continuo y 150°C en puntas. En este tipo de aplicación, es aconsejable prever un sobredimensionamiento de la carcasa textil, de los diámetros de los tambores y del espesor de los recubrimientos, con objeto de compensar las pérdidas de características de los materiales por envejecimiento. Recomendamos espesores mínimos de recubrimiento, del orden de 5+2 mm.

### **Calidad Resistente a Aceites y Grasas**

Cuando la banda trabaja en contacto con lubricantes, grasas, basuras etc., deben utilizarse en su composición calidades de goma con la debida resistencia al contacto con estos materiales.

Dependiendo de las condiciones de trabajo y tipo de material, se recomendará la calidad más adecuada en cada tipo de aplicación.

### **Calidad para Transporte de Alimentos**

Para este tipo de transporte, utilizamos calidades de goma que no puedan transmitir sabores ni riesgos de toxicidad al material transportado, de acuerdo con las normas internacionales que regulan este tipo de productos.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





Generalmente suelen fabricarse en colores claros, aunque pueden fabricarse también en color negro.

### Calidades Resistentes a Productos Químicos

Cualquier tipo de transporte que suponga el contacto con distintos productos que puedan afectar a las calidades de goma de uso general, puede tener solución mediante el estudio de la calidad de goma más adecuada.

### Calidad “NITER”

Esta calidad reúne las características de ser moderadamente anti aceite y anti calor, los que la hace muy interesante para diversidad de aplicaciones.

### Identificación de las calidades

Las denominaciones de las distintas calidades se hacen corresponder con letras que las identifican. Según la **norma DIN-22102**, aparte de las indicadas para las calidades normales, son las siguientes:

PROPIEDAD ESPECIAL	LETRA
Antiestático	E
Antiestático y antillama	K
Antiestático y antillama y carcasa antillama	S
Resistente a la temperatura	T
Resistente al frío	R
Resistente a aceites y grasas	G
Para alimentos	A
Para productos químicos	C

Fuente: Norma DIN-22102

### 3.4.2 Línea de separación de material fino para sílice y feldespato.

En esta línea de proceso se emplea un filtro de fundas, constituido por dos cámaras, una para separación de polvos finos de sílice y otra para separación de feldespato, cada cámara posee dos zonas una anterior para

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



recolección del material y otra posterior para suministro del aire para evacuado de material de las fundas.

De acuerdo a los inconvenientes presentados en la evaluación previa, se puede establecer que las fundas del filtro determinan en sí un trabajo efectivo del equipo, esto en función de que si se encuentran en condiciones óptimas con respecto al desgaste no permitirán la formación de una torta de mayor grosor a lo que se puede desplazar con el aire de soplado, siempre y cuando la presión sea la correcta. Sin olvidar la contaminación ambiental generada por el polvo que escapa a través de los agujeros de fundas y que es evacuado por el ducto de descarga al exterior de la Planta.

En el filtro la mayoría de fundas presentan deficiencias en el conformado del material, por desgaste continuo, uno de los factores principales es la abrasividad del material que recibe.

Las medidas tomadas para prevenir estas carencias, en la actualidad son poco técnicas.

#### **MEJORAS A APLICAR:**

- Como medida para solucionar el problema presentado por el deterioro de fundas, se sugiere que la limpieza semanal realizada, en la que cada trabajador elimina el residuo de partículas retenidas y acumuladas en la lona, golpeando el conjunto funda-canastilla contra una superficie fija, cambie y se emplee un sistema de limpieza en que cada funda se exponga a un tratamiento de aire a presión, por medio del cual se despliegue el fluido presurizado a lo largo de la funda, considerando para esto, aplicar a la tela la energía suficiente para superar las fuerzas de adhesión que sostiene el polvo en la bolsa, provocando así el desprendimiento de la torta de polvo formada.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## DESPLIEGUE DEL PROCESO

Se usa un golpe de aire que atraviesa la bolsa expandiéndola violentamente. Esta configuración permite operar en continuo (sin parada del sistema para la limpieza). El pulso se opone e interrumpe el flujo de aire hacia adelante durante únicamente unas pocas décimas de segundo. Esta acción tiene la desventaja de inhibir la caída del polvo sobre la tolva, pero tiene la ventaja de reformar rápidamente la plasta de polvo que proporciona la recolección eficiente de las partículas.

- Existen otros tipos de limpieza como lo es la **Limpieza por agitación**, donde la bolsa se instala sujeta por una estructura que oscila provocando una onda sinusoidal en la tela que dotará a la torta de la suficiente energía para desprenderse del filtro. Puede tratarse de un método manual, o de un sistema automatizado, que mediante sensores de pérdida de presión, activará el mecanismo automáticamente cuando se alcanza el límite de pérdida tolerable.
  
- Previo un estudio de los factores determinantes del uso del tipo de tela para las fundas o bolsas, proponer un cambio de las mismas por unas que ofrezcan mayor rentabilidad o por similares, si ese es el caso, mediante la implementación de un plan de manejo de los elementos filtrantes, evitar el deterioro de estos en períodos de tiempo inferiores a lo establecido de acuerdo a la casa comercial.

Los puntos clave a considerar en la implementación del plan de manejo partirán de las siguientes aseveraciones con respecto a este tipo de filtro:

- a) La mayoría de los filtros de tela tienen un tamaño de poro bastante grande en relación con las partículas que se quieren eliminar, pero el poder de filtración radica en la acumulación de

### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



partículas en la superficie del filtro, que forma una torta que colabora fuertemente en el poder de retención de partículas. Alcanzado cierto límite de volumen de las tortas, las pérdidas de presión son elevadas, lo que motiva que los filtros tengan sistemas de limpieza periódica depositando la torta formada en una tolva.

- b) Habitualmente la limpieza requiere de una parada del sistema o al menos del compartimento en limpieza. Con este tipo de equipos pueden conseguirse rendimientos mayores del 99% independientemente de las características de gas, haciendo posible la separación de partículas de un tamaño del orden de 0.01 micras. Sus limitantes son la temperatura y la humedad; ya que no pueden manejar flujos a más de 200 °C (dependiendo del material) y deben estar totalmente secos, de lo contrario se queman las bolsas o se apelmaza el polvo y tapan las bolsas.
  - c) Los valores típicos de la caída de presión del sistema varía desde cerca de 120 hasta 500 milímetros de agua. Las variables importantes del proceso incluyen las características de la partícula, las características del gas y las propiedades de la tela. El parámetro de diseño más importante es la relación aire a tela (el flujo volumétrico de gas en relación con la superficie de tela), y el parámetro de operación de interés por lo general es la caída de presión a través del sistema de filtro. La característica de operación principal de los filtros de tela que los distingue de otros filtros de gas es la capacidad de renovar la superficie de filtración periódicamente por medio de limpiezas, sin tener que desecharlos cada vez que se ha alcanzado una importante acumulación de polvo.
- Si se opta por un cambio de tela para las bolsas del filtro, a continuación se presenta una tabla que permite identificar la

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



apropiada, de acuerdo a las características principales para realizar su trabajo en el equipo.

Tabla N°9. Propiedades de los principales materiales de Telas.

PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES MATERIALES DE TELAS				
TELA	Temperatura (°C)	Resistencia al ácido	Resistencia a las bases	Abrasión Flex
Algodón	82	Deficiente	Muy Buena	Muy Buena
Creslan	121	Buena en ácidos minerales	Buena en base débil	Buena a Muy Buena
Dacron	135	Buena en la mayoría de los ácidos minerales, se disuelve parcialmente en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado	Buena en base débil, Mediana en base fuerte	Muy Buena
Dynel	71	Poco efecto aún en concentración alta	Poco efecto aún en concentración alta	Mediana a Buena
Fiberglas	260	Mediana a Buena	Mediana a Buena	Mediana
Filtron	130	Buena a Excelente	Buena	Buena a Muy Buena
Membrana de	Depende del forro	Depende del forro	Depende del forro	Mediana
Nextel	760	Muy buena	Buena	Buena
Nomex	190	Mediana	Excelente a temperatura baja	Excelente
Nylon	93	Mediana	Excelente	Excelente
Orlon	126	Buena a Excelente en ácidos minerales	Mediana a Buena en bases débiles	Buena
P84	246	Buena	Buena	Buena
Polipropileno	93	Excelente	Excelente	Excelente

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Ryton</b>	190	Excelente	Excelente	Buena
<b>Teflón</b>	232	Inerte excepto al fluoruro	Inerte excepto al tri-fluoruro, el cloro y los metales alcalinos derretidos	Mediana
<b>Lana</b>	93	Muy buena	Deficiente	Mediana a Buena
<b>Fibra de vidrio</b>	550	muy buena en concentraciones moderadas	Muy buena en concentraciones moderadas	Mediana

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



La tela empleada en la Planta es nylon, de acuerdo a características de temperatura, resistencia a ácidos, bases y abrasividad, se seleccionaría como alternativa una tela de polipropileno, la temperatura a la que actúa este material es de 93°C, apropiada ya que en la Planta la temperatura máxima de salida del material del secadero es de 80°C, incrementándose por fricción y transporte hasta unos 85°C. Con respecto a las otras características mejora su resistencia a los ácidos.

Se tendría que realizar un estudio económico para ver la rentabilidad que poseería un cambio de fundas con otro tipo de tela como el polipropileno y el costo de las fundas de reposición para un futuro, por desgaste y culminación de su vida útil.

- Si se desea incrementar la eficiencia del proceso de separación de polvos finos, se podría promover la implementación de un equipo que mejore las características del actual, en lo correspondiente a recolección del material y evitar los inconvenientes enunciados anteriormente. En este tipo de industria, se reconoce al separador de ciclones como una de las mejores alternativas.

### **SEPARADOR TIPO CICLÓN**

Los separadores tipo ciclón, también conocidos simplemente como “ciclones” son probablemente los equipos más usados en el mundo para capturar partículas.

Estos equipos son principalmente utilizados en la industria en procesos de separación de sólidos de corrientes de gas.

Las principales ventajas de los ciclones son:

- Bajos costos de operación (al no poseer partes móviles, los costos de mantenimiento son mínimos).

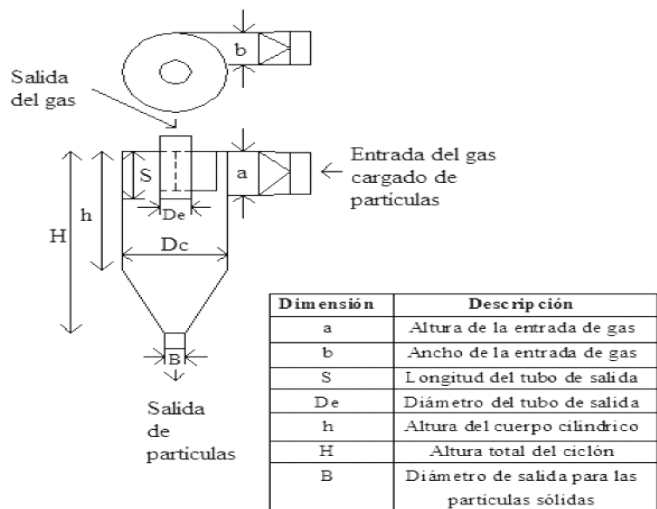
**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

- Simplicidad en su construcción y capacidad de operar a altas temperaturas y presiones.
- Diseño simple y que puede ser utilizado en todas las plantas de molienda de materia prima y en algunas plantas de molienda de cemento.

Tradicionalmente, los ciclones se han usado en la industria para capturar partículas relativamente grandes ( $d > 10\mu\text{m}$ ). Sin embargo, estos equipos también pueden usarse para capturar partículas con diámetros de 10,25 e incluso  $1\mu\text{m}$ , modificando sus dimensiones. Esto permite usarlos en tareas de monitoreo ambiental de partículas.

La amplia utilización de estos equipos crea la necesidad de contar con modelos matemáticos para evaluar su operación, así como de contar con metodologías simples y efectivas para su diseño basadas en la influencia del flujo y de la configuración geométrica (**Ver figura N°2**) de estos equipos.



**Figura N°2. Descripción de los elementos de un separador de ciclón y configuración geométrica**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





Además destaca el hecho de que, al hacer uso de fuerzas centrífugas en vez de gravitatorias, la velocidad de sedimentación de las partículas se incrementa en gran medida haciéndose más efectiva la separación.

Un separador ciclónico está compuesto básicamente por un cilindro vertical con fondo cónico, dotado de una entrada tangencial normalmente rectangular.

La corriente gaseosa cargada con las partículas sólidas se introduce tangencialmente en el recipiente cilíndrico a velocidades de aproximadamente 30m/s, saliendo el gas limpio a través de una abertura central situada en la parte superior. Por tanto, se observa que el modelo de flujo seguido por el gas dentro de los ciclones es el de un doble vórtice. Primero el gas realiza una espiral hacia abajo y por la zona exterior, para después ascender por la zona interior describiendo igualmente una hélice.

Las partículas de polvo, debido a su inercia, tienden a moverse hacia la periferia del equipo alejándose de la entrada del gas y reuniéndose en un colector situado en la base cónica.

Los ciclones convencionales se pueden encontrar en una gran variedad de tamaños y la entrada al equipo puede ser bien rectangular o circular.

De acuerdo a su disposición geométrica se distinguen los siguientes tipos de separadores ciclónicos:

- (a)- Entrada tangencial y descarga axial.
- (b)- Entrada tangencial y descarga periférica.
- (c)- Entrada y descarga axiales.
- (d)- Entrada axial y descarga periférica.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

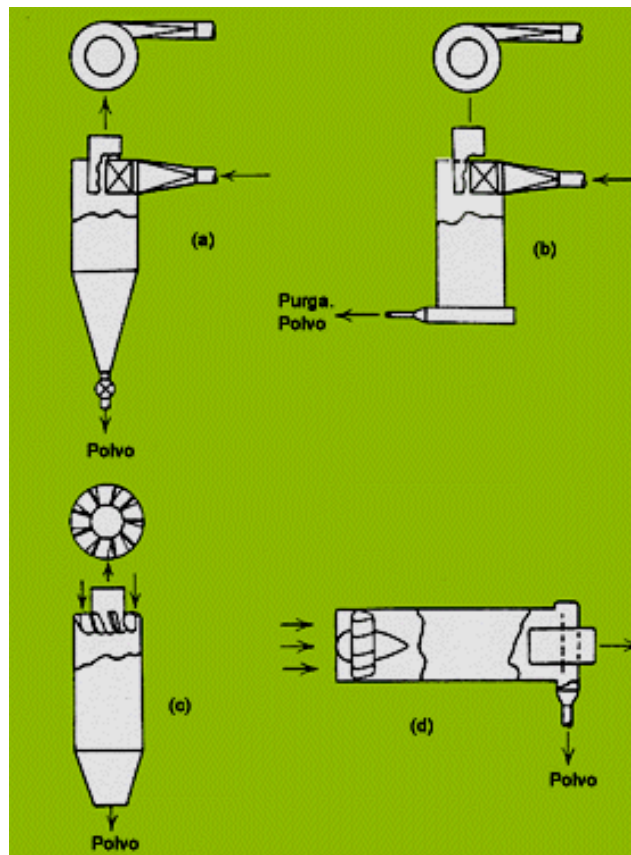


Fig. N°3. Tipos de Ciclones.

Otra posible clasificación de los ciclones se puede realizar en función de su eficiencia. La eficiencia de un ciclón está determinada en gran medida por su tamaño. Se ha comprobado que los ciclones de menor diámetro son los que proporcionan mejores eficacias en la separación de partículas. Asimismo se observa que la altura total del equipo también afecta a la eficacia, aumentando ésta con la altura.

Según este criterio se consideran los siguientes tipos:

- Muy eficientes (98 - 99%)
- Moderadamente eficientes (70- 80%)
- De baja eficiencia (50%)

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Si no se desea desperdiciar la acción del equipo presente, se implementaría el separador de ciclones como un elemento complementario, mejorando en su totalidad la eficiencia en la toma de polvos.

La implementación de este equipo representaría un aporte económico significativo a la empresa, sin contar con los gastos de instalación, de ahí que esta opción de mejora en esta Planta, podría quedar supedita para un futuro.

### **3.4.3 Línea de transporte de material seco a los silos de almacenamiento correspondientes.**

En esta línea las mejoras aplicar estarían enfocadas en lo competente alineación de bandas y sustitución de la banda empleada para la parte fija como la móvil, y el mantenimiento necesario para mantener estos ajustes o corregir las desviaciones.

#### **BANDAS TRANSPORTADORAS**

La banda transportadora empleada en el transporte de material seco a los silos de almacenamiento es de tejido sintético, de una capa, y el aspecto de su superficie es liso, las mejoras a aplicar en este tipo de elementos debe ser similar a las consideradas para la banda transportadora empleada en el almacenamiento de material húmedo.

En forma general, proponemos como medidas preventivas y acciones a tomar para mantener en buen funcionamiento este medio de transporte de material, los siguientes puntos:

**ARRANQUE:** Antes de poner en marcha el transportador, revisar si hay objetos ajenos que puedan haber sido dejados dentro del transportador durante la instalación. Estos objetos pueden causar serios daño durante el arranque.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Después de poner en marcha el transportador y que esté operando, revisar los motores, reductores y partes en movimiento para estar seguro de que están trabajando libremente.

**OPERACIÓN:** Durante la operación de la banda se debe supervisar su correcto funcionamiento. No deben existir objetos extraños haciendo contacto con el sistema de transmisión, ni objetos entre la banda y los tambores y rodillos. Se debe evitar que el equipo funcione con residuos atascados entre la banda.

**MANTENIMIENTO:** El mantenimiento, tal como lubricación y ajustes, debe ser realizado en lo posible por personal calificado y entrenado. Se puede decir que el mantenimiento del equipo comprende a la lubricación, la alineación y tensión de la banda y a la alineación y tensión de la correa de transmisión de potencia.

En cuanto a la alineación y tensión de la banda, esta se alinea aflojando el tambor de retorno y ajustando la banda entre este y el tambor motriz. Antes de proceder a alinear la banda se debe seguir los siguientes pasos:

- ★ Asegurarse de que el transportador esté nivelado tanto a lo largo como a lo ancho.
- ★ Asegurarse de que la banda haya sido colocada adecuadamente en el transportador.
- ★ Revisar que el transportador sea cargado correctamente.

La alimentación debe hacerse en el centro de la banda y en dirección al flujo de la banda.

Alineada la banda se procede al tensado de la misma ajustando los tornillos de tensado y asegurándose de que el avance en cada uno sea igual.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Por otra parte, la correa motriz y las poleas deben ser revisadas periódicamente para que estén correctamente tensas y alineadas. Ajustes impropios causarán un desgaste excesivo en los componentes del sistema de transmisión. Los pasos a seguir para realizar este ajuste son los siguientes:

- ★ Remover la guarda de las poleas.
- ★ Revisar la alineación de las poleas colocando un nivelador sobre sus caras. Soltar los tornillos que aprietan las lengüetas y ajustar las poleas la medida necesaria. Una vez ajustadas, apretar los tornillos nuevamente.
- ★ Para ajustar la tensión de la correa, aflojar los tornillos que sujetan moto reductor contra su base. Apretar los tornillos tensores hasta que se consiga la tensión de la correa deseada. Apriete los tornillos nuevamente.
- ★ Colocar nuevamente la guarda de las poleas de manera que no interfiera con la unidad motriz.

En la **tabla N°10**, presentada a continuación se muestra una lista de posibles problemas que pueden ocurrir durante el arranque y operación de las bandas transportadoras.

Problema	Causa	Solución
El motoreductor se sobrecalienta.	1) El transportador está sobrecargado. 2) El motor está con bajo voltaje. 3) El nivel de lubricante del reductor está bajo.	1) Verificar la capacidad del transportador y reduzca la carga al nivel recomendado. 2) Un electricista debe revisar y corregir lo necesario. 3) Lubricar según las recomendaciones del fabricante.
La banda no se mueve estando la unidad motriz en funcionamiento.	1) El transportador está sobrecargado. 2) La banda está floja.	1) Reducir la carga. 2) Usar tensores para apretar la banda.

Fuente: Autores. (Basada en información suministrada por HYTROL).

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



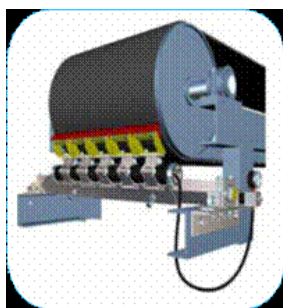
En la **tabla N°11**, a continuación, se presenta una lista de verificación de mantenimiento preventivo, la cual abarca los principales componentes de las bandas transportadoras.

Componente	Sugerencia	Intensidad		
		Semanal	Mensual	Trimestral
Motoreductor	Revisar ruido			
	Revisar temperatura			
	Revisar nivel de aceite			
	Revisar los tornillos de montaje			
Correa V Y poleas	Revisar tensión			
	Revisar desgaste			
	Revisar alineación del eje de la polea			
Banda	Revisar la alineación			
	Revisar la tensión			
	Revisar la unión			
Tambores y rodillos	Revisar el ruido			
	Revisar los tornillos			
Estructura	Revisión general; tornillos sueltos, etc.			

Fuente: Autores. (Basada en información suministrada por HYTROL).

Dentro del proceso de mantenimiento se debe introducir lo que compete a la limpieza de las bandas, de aquí que se propone el uso de rascadores con láminas de raspado independiente y tensión por brazo de torsión. Este rascador es muy eficaz, pero si el material es muy pegajoso se forman montículos de barro que limitan mucho su eficacia, siendo necesario el empleo de un rascador previo, situado antes del principal y se emplea cuando el material es pegajoso y de difícil limpieza, para facilitar el trabajo del principal.

El mayor problema con estos rascadores, es el de reposición de los elementos limpiadores, cuando ya estos se han desgastado.



**Fig. N°4 Rascador con láminas de raspado independiente.**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

## Sistemas De Limpieza Modernos

El avance tecnológico ha permitido el uso de equipos muy modernos los cuales realizan sus tareas de una manera eficiente.

En la actualidad existen equipos de limpieza de última tecnología aplicados a las Cintas Transportadoras, los cuales cuentan con sensores especiales, válvulas de aire, compresores de aire y otros dispositivos modernos, los cuales brindan una buena limpieza, siendo unos de sus principales inconvenientes su costo de Instalación.

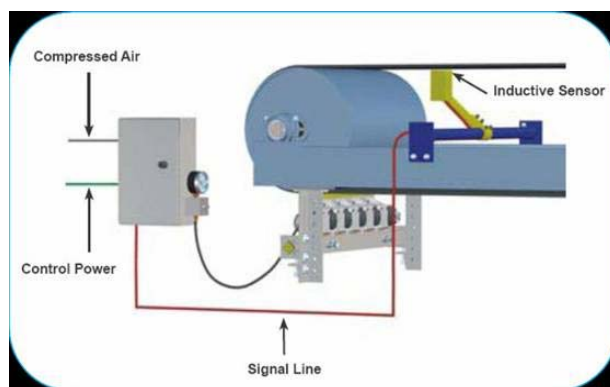


Fig. N°5 Sistema moderno de rascador para limpieza de bandas.

### 3.4.4 Línea de proceso de Molienda para sílice y feldespato.

En el procesamiento de sílice y feldespato, en la línea de molienda las complicaciones encontradas se basan en desgaste de los equipos, por uso y tiempo de vida útil, sin dejar de lado la abrasividad del material al que están expuestos.

La intervención del factor humano en lo correspondiente a reprocesos, es un punto crítico a considerar en los correctivos a realizar.

La falta de atención a equipos por descuido del área mecánica o por encontrarse sujetos al manejo de una sola persona, el encargado de producción, limita el desempeño normal.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



En lo relacionado a contaminación por material particulado que proviene del retorno del separador, éste correspondería a descuidos técnicos.

**MEJORAS A APLICAR:**

- ★ Como medida a tomar para reducir la cantidad de residuo a la entrada y salida del molino, se propone un seguimiento técnico de todos los desperfectos en los molinos, actualmente el residuo medido se obtuvo del material que se elimina por los muñones, el desperfecto aquí se produce por la utilización de empaques diseñados en la Planta con materiales sobrantes, y no los repuestos propios del equipo.

El material particulado emitido al interior de la Planta, se debe a un descuido técnico, existen cubiertas para evitar que los polvos finos vayan a la atmósfera, aunque este sería solo uno de los inconvenientes, ya que el desgaste de la banda promueve también retener material fino para su eliminación.



**Foto N°19 Cubierta de polvos fuera de su lugar-Entrada Molino,  
Planta de Molienda de Italpisos.**

**Fuente: Los Autores**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





Las bandas empleadas en esta parte del proceso al igual que la mayoría en la Planta, no se han cambiado desde la instalación de la misma, la sustitución por una banda nueva o mejorada le permitiría una alimentación sin desperdicio de mineral, para un control exacto del caudal de llegada, en la actualidad la banda utilizada es una vulcanizada, en las páginas 71 a la 81, se desglosa el proceso para la selección de bandas, si se desea promover la mejora en este elemento, de ahí se realizaría el estudio.

- ★ Con respecto a la parte mecánica, el encargado de esta área, debe establecer un registro de el mantenimiento realizado a cada equipo, constando en éste, información de daños, repuestos adquiridos o por adquirir, potencia de trabajo, tiempo empleado para reparación, en caso de motores y chumaceras, fecha de engrasado y próximo cambio.

Y de acuerdo a la información recolectada, establecer si los equipos pueden trabajar de forma normal en un lapso de tiempo establecido, con el mínimo de averías y resueltas de forma inmediata, o si se planifica una parada de mantenimiento en la Planta, para resolver inconvenientes mayores. Previniendo de esta manera frecuentes paradas de equipos o acumulación de residuos como en el caso de los molinos, en donde se antepone la producción a la formación de éstos.

- ★ Para la generación de residuos que van al ambiente, el principal inconveniente es el proceso en los molinos, y el subsiguiente de separación, para mejorar estos puntos en la empresa, se establece los siguientes aspectos, en función del llenado de bolas y el proceso en sí:

**Elementos Molturadores:** La carga de bolas de un molino puede realizarse con bolas molturadoras de diferente tamaño y de diferentes calidades de material. La molienda de las partículas gruesas se realiza, normalmente, con bolas de 50-100mm; en cambio la molienda de las partículas más finas se efectúa con bolas

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

de 15-50mm. Los tamaños máximos y mínimos de las bolas y la proporción de estos tamaños dependen de varios factores, entre ellos tenemos:

- ◆ Tamaño máximo del material de alimentación a ser molido.
- ◆ Finura del producto; el objetivo es lograr un producto tan fino que pase el tamiz de malla N° 200 (correspondiente a 75 micras).
- ◆ Diámetros y longitudes de los molinos.
- ◆ Molturabilidad y estructura mineralógica del material de alimentación.
- ◆ Sistema de los molinos (circuito cerrado, carga circulante).

Dependiendo del proceso de molturación y del sistema de molienda que se trate, las bolas deben resistir:

- Las fuerzas del impacto de las bolas mismas.
- El desgaste causado por las fuerzas de fricción entre las bolas y el revestimiento del molino.
- El desgaste causado por materiales abrasivos.
- Corrosión, cuando la molienda es por vía húmedo, pero cuando es por vía seca, no es utilizada.
- En lo referente a la calidad del material, el molino puede ser llenado, ya sea con bolas baratas de baja calidad y con una tasa de desgaste elevado, o con bolas caras de alta calidad con tasas de desgaste menores. Sin embargo, debe considerarse que las bolas de baja calidad requieren una recarga más frecuente del molino, con el propósito de sustituir los elementos

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



desgastados, ocasionando una utilización del molino menos constante.

### **Eficiencia del Molino**

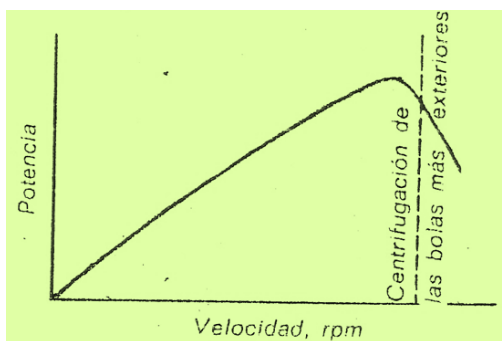
La máxima eficiencia en el molino se obtiene cuando el trabajo realizado para romper las fuerzas cohesivas es máximo y al mismo tiempo el calor perdido debido a las fricciones e impactos es mínimo.

No puede esperarse que el rendimiento de un molino sea satisfactorio a menos que:

- La alimentación posea el tamaño adecuado y entre con velocidad uniforme.
- Se retire el producto tan pronto como sea posible, después que las partículas hayan alcanzado el tamaño deseado.
- Se mantenga el material irrompible fuera del molino.

### **Potencia exigida por los molinos y velocidad**

Se realizará un mayor gasto de energía mientras más rápido gire el molino y por lo tanto más subirán las bolas dentro de él (**Ver gráfico N° 1**)



**Gráfico N°1. Potencia exigida por un molino con respecto a su velocidad**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Si bien es cierto que a una mayor velocidad del molino corresponde una mayor capacidad del molino, existe una velocidad a la cual las bolas son arrastradas y el molino queda centrifugado, la velocidad a la cual ocurre esto se llama velocidad crítica. Cuando un molino está centrifugado se obtiene poco o ningún efecto de molienda, por lo tanto la velocidad de operación tiene que ser menor que la crítica.

A partir de la siguiente ecuación, se puede calcular la velocidad crítica ( $n_c$ ):

$$n_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R-r}}$$

De donde:

$n_c$  = Revoluciones por minuto.

$g$  =  $9,81 \times 60^2$  m/min<sup>2</sup>.

$R$  = Radio del molino.

$r$  = Radio de la bola.

El valor obtenido, es la velocidad de rotación crítica, en números de vueltas por minuto, para la cual las bolas no realizan ningún trabajo útil. El número de vueltas por minuto, que en la práctica se aplica de modo general, está comprendido entre el 65%-90% de la velocidad crítica.

Para un llenado óptimo del molino se considera la relación entre el volumen del apilamiento de las bolas y el volumen de trabajo del molino. El grado de llenado varía entre el 25% y el 45%. Por debajo del 25% de llenado, los cuerpos moledores se deslizan sobre el blindaje del molino, por encima del 45% de llenado se originan dificultades en las trayectorias de caída de los cuerpos moledores.

**Autores:**

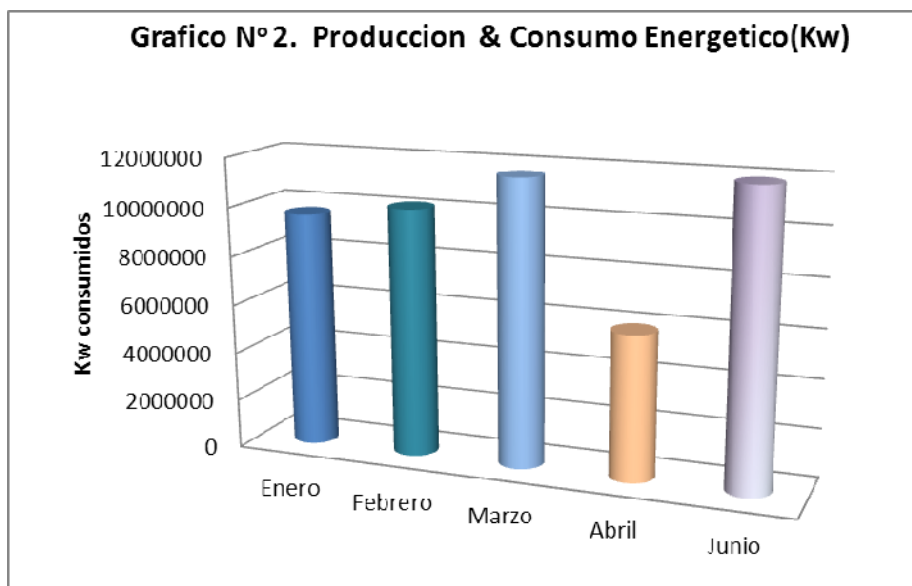
Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



### 3.5 Ahorro energético en la producción con la implementación de las medidas correctivas.

Para conocer cuánto es el ahorro energético en la producción al implementar las medidas correctivas que describimos en el **cap. 3.4.**, es necesario conocer cuanta energía se consume al producir Sílice y Feldespato.

	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Consumo Energético (Kw)</b>
<b>Enero</b>	<b>617,233</b>	9637057,422
<b>Febrero</b>	<b>658,089</b>	10135499,055
<b>Marzo</b>	<b>744,475</b>	11636132,638
<b>Abril</b>	<b>396,577</b>	5920251,724
<b>JUNIO</b>	<b>875,340</b>	<b>11883759,708</b>



En el gráfico N° 2 se indica la variación del consumo energético con respecto a la cantidad de producción que hay mensualmente, por lo que se

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



podría decir que hay una relación directa entre la cantidad de energía consumida y la producción realizada.

Los cálculos se dan en forma empírica, ya que la planta de molienda y secado al no constar con un medidor propio, no sabe exactamente cuánto consume de energía eléctrica.

Por ello para saber cuánto va a ser el ahorro energético hemos tomado datos de la energía consumida por los equipos involucrados en el proceso como se detalla en la **Tabla 6 y 7 en el Anexo 6**. Además se debe tener en cuenta la cantidad de residuo que se produce dentro de cada proceso (**ver detalles en Tabla 4 Y 5 Anexo 5**).

Teniendo así que la cantidad de residuos producidos está entre 7 Tm a 9 Tm aproximadamente

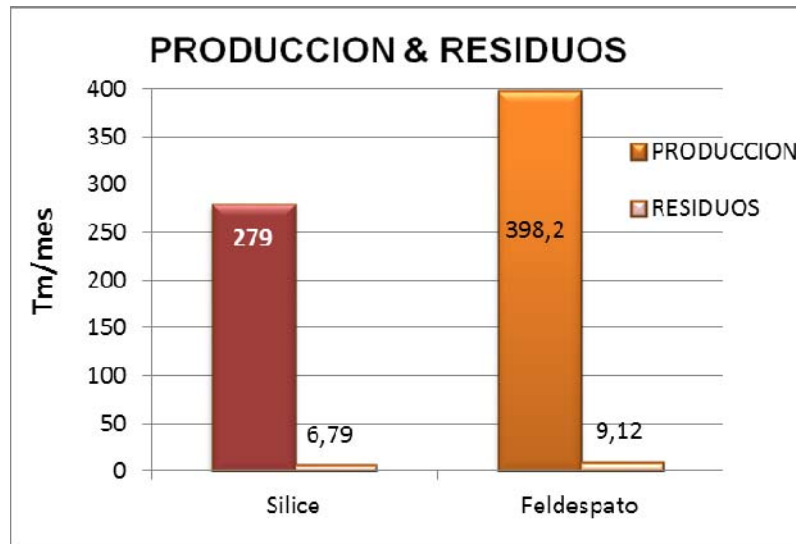
**Cantidad de residuo total.**

<b>Materia Prima</b>	<b>Tm producidas</b>	<b>Tm residuo</b>
<b>Sílice</b>	279	6,79
<b>Feldespatos</b>	398,2	9,12

**Grafico N.3 Análisis de la cantidad de residuo con respecto a la producción.**

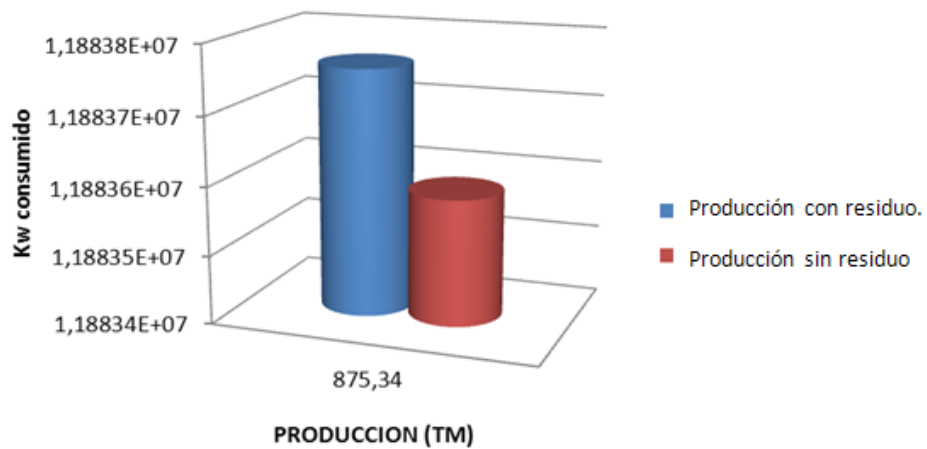
**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



El grafico para el análisis del consumo de energía con respecto a la producción se la pudo realizar con los datos que encontramos en el [ANEXO 7](#)

Grafico N°.3 Análisis de producción & Consumo de Junio (mes en estudio)





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

Al realizar los cálculos correspondientes se aprecia que el ahorro de energía comparado con todo el proceso es mínima, sin embargo como se ve en el **gráfico N° 3**, la cantidad de energía consumida puede ser disminuida si optimizamos los procesos para la producción requerida.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.





# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



#### 4.1 CONCLUSIONES

- ★ Al realizar el diagnóstico general de la Planta de Molienda, se pudo establecer que ésta como entidad generadora de un producto de comercialización, no posee todas las garantías necesarias para un crecimiento sostenible y aún ambiental. El primer punto para mantener esta aseveración, es que la distribución del producto final e intermedio se realiza a las empresas del grupo empresarial al que pertenece, esto le permite una solvencia en lo referente a clientes. De aquí que la empresa pierde una orientación enfocada a la competitividad.

Los equipos empleados para la producción de sílice y feldespato tienen una vida útil que trasciendo los 40 años, éstos fueron comprados a una empresa extranjera dedicada a los mismos fines. Considerando el tiempo de uso, el deterioro de las máquinas es evidente, así como el sistema de transporte por tuberías, bandas y elevadores. El mantenimiento en Planta tiene una vigencia anual, pero los inconvenientes se presentan eventualmente ya sea por descuidos de la parte mecánica o por falta de recursos económicos, que prevengan estas circunstancias y averías posteriores que declinen la vida útil de la parte mecánica de la maquinaria.

La capacidad de producción es la esperada para proveer a empresas como Hypoo, Rialto, Cerámica Andina, Kerámicos y Esfel, aunque las principales demoras de producción estarían basadas en una limpieza a tolva de recepción, trituradora y almacenamiento de material no seco, esto por contar con una sola línea de proceso hasta antes del almacenamiento de material secado y molienda, para el tratamiento tanto de sílice y feldespato

En el aspecto ambiental en la empresa se produce gran cantidad de polvo que va al ambiente interno de trabajo, todo en base a elementos deteriorados, por falta de mantenimiento ante una prominente abrasividad en especial de la sílice y un bajo rendimiento de filtros.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



La Planta de Molienda nunca fue sometida a un estudio ambiental, por lo que se desconoce de la calidad del aire aspirada por los trabajadores, los equipos de protección de los cuales hacen uso pueden disminuir riesgos a su salud, pero existe desconocimiento de normas preventivas o cuidado durante su trabajo, en especial ante una enfermedad profesional tan severa como lo es la silicosis.

En lo concerniente a despacho de material, los inconvenientes surgen por una mala organización en el aspecto logístico de compras por parte de las empresas que requieren del producto, dentro de esto resaltamos el descuido en regresar los bigbags para el despacho correspondiente, por tal razón en Planta se tiene que almacenar más de lo esperado del mineral en los silos finales, ocasionando una descoordinación en el almacenamiento del mismo o similares, en algunas situaciones, como los productos de despacho son diferentes en calidad, la gente de producción ha tenido que desviar la tubería de llegada al último elevador y descargar el producto directamente sobre los bigbags de la empresa que requiere este elemento de manera inmediata.

Al evaluar de forma general las falencias de la empresa, se propuso bases para un plan de innovación empresarial, a nivel tecnológico, ya que este es uno de los puntos claves, del cual se originan problemas con respecto a producción y de orden ambiental.

Para este plan se promueve como ente principal la colaboración por completo de la Gerencia, su aceptación de la realidad en la Planta, y de la ayuda que puede proporcionar un mantenimiento preventivo, correctivos oportunos y por ende evitar generar residuos o elementos contaminantes, para que a la larga las medidas tomadas repercutan en pro del desarrollo de la empresa, con disminución de gastos de energía innecesarios, aprovechamiento total del material de ingreso y ahorros en mantenimiento por adquisición de repuestos, así como una producción continua.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



- ★ Basándonos en la pre-evaluación realizada al área de producción se determino que los sectores en donde se genera una mayor cantidad de residuo son:
  - ♣ La línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespato.
  - ♣ La línea destinada a la separación o recuperación de material fino.
  - ♣ La línea de transporte de material seco a los silos de almacenamiento correspondiente.
  - ♣ La línea de molienda, tanto para sílice y feldespato.

Con respecto a la línea de triturado y almacenamiento de material húmedo para feldespato, las mediciones inicialmente comprendían un balance a la entrada y salida del elevador EA y la banda de transporte del material al primer silo de almacenamiento S1. El inconveniente presentado por una variación de flujo ante un desalojo manual por parte de un operario en la boca de descarga del elevador, hizo improductivo la realización de estas mediciones. Las medidas tomadas en la parte inferior de la banda para determinar la cantidad de residuo reflejaron que la cantidad acumulada promedio es de 21,67 Kg/h

Los inconvenientes presentados en esta línea de proceso se produjeron por problemas en la banda, la cual ante un eventual desgaste y alto porcentaje de humedad en el material, hace que éste se adhiera y caiga a lo largo de la banda en su parte inferior, las mejoras propuestas estuvieron basadas en lo referente a la humedad del material, disminuyendo su porcentaje con la implementación de un proceso de pre-secado, y en un estudio de la capacidad de la banda para llevar la cantidad apropiada de mineral y la selección de la calidad correcta de la cinta transportadora en

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



función de la abrasividad del mineral, para un cambio de banda o mejoramiento del material de la misma.

- ★ La línea destinada a la separación de material fino presenta dos inconvenientes: la rotura de fundas y fuga del polvo a la cámara de desalojo, y la acumulación de material por desgaste de bolsas, que implica una limpieza permanente, lo cual limita la capacidad del filtro para retención de todo el polvo recolectado.

Normalmente se recoge un promedio de 5 bigbags semanalmente y cerca de 2 bigbags en la limpieza del filtro, no obstante tratando de recuperar todo el polvo acumulado entre las fundas, existe una cantidad que va al ambiente, ocasionando cierta clase de contaminación.

Como solución inicial al problema de mineral acumulado entre fundas se propone una limpieza con flujos de aire a contrapresión del flujo normal, o la aplicación de movimientos sinusoidales de la funda para dejar caer el material.

Si se realiza una sustitución de fundas, que sería lo más conveniente, se propuso un plan de manejo del cuidado de las mismas, basado en el conocimiento de su resistencia a temperatura, caída de presión a la que están sometidas, abrasividad del polvo recolectado y resistencia a ácidos y bases, de esta última propiedad las fundas de polipropileno ofrecen mejor garantía.

La implementación a futuro de un separador de ciclón, quedará a decisión de Gerencia, pues la adquisición resultaría un poco elevada, de serlo así se podría trabajar de forma complementaria con el filtro actual, incrementando la eficiencia del proceso en sí.

- ★ En la línea de transporte de material seco a los silos de almacenamiento, se realizó mediciones del residuo acumulado en la banda móvil b5, en donde las cantidades obtenidas fueron variando de acuerdo a la distancia

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



de transporte desde la descarga principal hasta la boca de cada uno de los silos como se especifica en el **cap. 3.3.3.1**

Dentro de los inconvenientes presentados para el desalojo del material a la plataforma, esta la desalineación de las bandas y el desgaste de las mismas, la cantidad recolectada es representativa en función de lo producido y transportado para el horario de trabajo.

Las mejoras realizadas van de acuerdo a lo planteado en las bandas del proceso de almacenamiento de material húmedo, con un complemento en base a las particularidades del material transportado. Todo esto de forma eficiente con la elaboración de cuadros de verificación de cada uno de los elementos de la banda.

Como punto de contemplación básica se considero la limpieza de las bandas con ayuda de rascadores comunes o de alta tecnología.

- ★ Para la línea de molienda de los dos materiales, se efectuó un seguimiento del desperdicio a la entrada y salida de los molinos, la cantidad promedio recolectada es 1,25 Kg/h de Sílice y 0,63 Kg/h. de Feldespato.

Los inconvenientes que promueven una desviación en el trabajo normal de esta línea de proceso son:

- ☆ Descuido de obreros para mantener una alimentación acorde a la capacidad del equipo, esto con ayuda del oído electrónico.
- ☆ Regulación manual de la entrada y salida del molino a disposición de una sola persona, el Jefe de Planta, procedimiento que distorsiona la operación del molino, cuando este no dispone del tiempo para una calibración permanente, por trabajos extra de mantenimiento y con la complicidad de una descalibración constante, al no sujetarse a modificaciones específicas del molino para un trabajo continuo y eficiente.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



En lo relacionado a emisión de polvo fino, esto va de la mano con una deficiencia de la molienda y por descuidos técnicos para evitar la salida de polvos, así mismo los reprocesos de material fino y grueso inciden en la utilización de mano de obra extra para transporte del material, y un trabajo exhaustivo durante toda la jornada.

A la entrada del molino se prevé la acumulación de residuo por el desgaste de las bandas transportadora y aunque su material de revestimiento es vulcanizado sigue el proceso indicado anteriormente para su cambio o mejoramiento.

Ante estas situaciones como medidas de mejora se postula un seguimiento técnico de los desperfectos de forma constante, para un registro del mantenimiento realizado, repuestos a adquirir, cambio en el engrasado de motores y chumaceras, potencia de trabajo, y especificaciones en general de los equipos. Y en base a esto establecer el tiempo para un mantenimiento preventivo.

Para mejorar en sí el proceso de molienda se establece una base conceptual en lo referente a llenado de elementos molturadores, con todo su despliegue técnico, mantenimiento de la eficiencia máxima del molino y potencia necesaria en base a la velocidad de trabajo del molino.

- ★ Sin la aplicación de mejoras en lo concerniente a las cuatro líneas generadoras de mayor cantidad de residuo observadas, aunque su incidencia es baja con respecto al consumo energético final de todo el proceso, pueden considerarse a futuro en un factor que en proporción anual y en algunos períodos se puede convertir en uno de los puntos clave para el declive de la empresa en el aspecto económico.
- ★ La intervención para una restauración preventiva de equipos y elementos de transporte, además de mejorar algunos factores que impiden un desenvolvimiento normal en el trabajo, evitaría que se genere un desajuste general, ocasionando una para de la Planta que puede conllevar a un des

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

alineamiento dentro del Grupo Empresarial, ya que sin materia prima, se promovería la compra externa de las mismas.

- ★ La acumulación de residuos no implica riesgo alguno en la producción, pero la incidencia en el aspecto contaminante se incrementa, de ahí que problemas en sus trabajadores, puede traer consigo las sanciones respectivas.
- ★ La Planta es una entidad cuyas operaciones se realizan de forma continua, las desviaciones en el aspecto técnico de los equipos y de operación, son las que determinan cierta cantidad de obreros en el trabajo diario, al corregirlos y llevar un mantenimiento constante, con la ayuda respectiva de Gerencia y sobre todo mayor preocupación de la misma, se reduciría el número de mano de obra, el trabajo disminuiría en niveles de esfuerzo y la organización aumentaría para cualquier labor.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





#### 4.2 RECOMENDACIONES:

- ☆ En la Planta de Molienda existe distanciamiento de la Gerencia con respecto de la persona encargada de las operaciones y dirección general, esto ha contribuido a que exista descoordinación para la entrega de recursos económicos que solventen los problemas suscitados. Para promover un desempeño adecuado, el Gerente como principal responsable tiene la obligación de iniciar un acercamiento, esto con la organización de reuniones, para establecer los correctivos y desarrollar proyectos que mejoren las prácticas de manufactura y erradique agentes que ocasionen contaminación y desperdicio, a través de sistemas de control, asegurando no solo la producción óptima, sino además el cuidado de la salud de sus obreros.
- ☆ En Planta hasta el momento no se ha incluido un Programa de estudio Ambiental, si ha futuro se pretende implantar dicho estudio y adquirir una Licencia Ambiental, se debe establecer estatutos acorde con la regulación ambiental decretada por el Gobierno en curso, todo esto hallado en el TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL .Para un control de residuos éste se refiere al libro IV, título II Y III. ([Ver ANEXO 9](#))
- ☆ En el [ANEXO 8](#) se hace referencia a las enfermedades profesionales, como la silicosis, a continuación se establece un conjunto de medidas para prevenir esta enfermedad:

**Dentro del plan preventivo se considerara los siguientes puntos <sup>[13]</sup>:**

- ✓ Realizar controles del aire en el lugar de trabajo para medir la exposición del trabajador a la sílice cristalina.
- ✓ Minimizar las exposiciones controlando y evitando que partículas floten en el aire, por ejemplo, perforación húmeda, ventilación con escape local, etc.

---

<sup>13</sup> **Prácticas de Seguridad, División de Salud Ocupacional • Departamento de Servicios de Salud de California • Febrero 2003**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

- ✓ Proveer ropa protectora, respiradores (de acuerdo al Estándar de Protección Respiratoria de OSHA), y facilidades para lavarse (duchas) y cambiarse de ropa.
- ✓ Proveer información a los trabajadores sobre los peligros que causa la sílice cristalina, la silicosis y sus efectos a la salud.
- ✓ Ofrecer entrenamiento en prácticas de trabajo y uso adecuado del equipo protector.
- ✓ El empleador debe poner las Hojas Informativas sobre la Seguridad de Materiales a disposición de los trabajadores.
- ✓ Proveer exámenes médicos a todos los trabajadores expuestos a la sílice cristalina; el examen debe incluir un cuestionario sobre problemas respiratorios (trabajos anteriores y actuales, pasatiempos, etc. donde puede haber estado expuesto a la sílice), examen de la función de los pulmones, radiografías del pecho, y evaluaciones anuales de tuberculosis.
- ✓ Reportar todos los casos de silicosis al departamento estatal de salud o a OSHA.

**El Límite Permisible de Exposición (Permissible Exposure Limit – PEL) de la oficina federal de OSHA establece la cantidad máxima de sílice cristalina a la que los trabajadores pueden estar expuestos en un turno de 8 horas (29 CFR 1910.1000).**

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Todos los trabajadores que estén presentes en lugares donde se genere polvo, deberán tomar las siguientes precauciones:**

- ◆ Mantener bien limpio el lugar de trabajo, retirando el polvo acumulado antes que se disperse.
- ◆ Lavarse antes de comer, beber, fumar o masticar chicle para evitar tragar polvo.
- ◆ Cambiarse de ropa al terminar la jornada para evitar llevar polvo de sílice a la casa.
- ◆ Utilizar respiradores con filtros P-100.

Un buen tapabocas es mejor que nada, pero no proveen la misma protección que los respiradores con filtros, éste Debe tener dos cintas para amarrarse y el empaque debe tener indicado “R95”o “N95.”

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## BIBLIOGRAFÍA.

**CONTRERAS, Raúl – GUTIERREZ, Washington**, “Optimización del sistema de molienda de Sílice y Feldespato en la planta de Explominas S.A”, Tesis de Ingeniería Química, Junio 1996-abril 1997.

## CONSULTAS EN LA WEB

★ **CENTRO ECUATORIANO DE PRODUCCION MAS LIMPIA**

<http://www.cepl.org.ec>

★ **Criterios para el Diseño de una cinta transportadora.**

<http://www.monografias.com/trabajos58/disenocintas-transportadoras/disenocintas-transportadoras2.shtml>.  
(Ref. Enviado por Juan Carlos Santillán)

★ **KAUMAN S.A. Empresa manufacturera del Caucho**

[http://www.kauman.com/es/products/calc\\_selBanda\\_es.asp](http://www.kauman.com/es/products/calc_selBanda_es.asp)

★ **Pagina de Búsqueda - Miliarium.com - Filtro de Telas**

[http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/FiltrosTela.htm#aire\\_comprimido](http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/FiltrosTela.htm#aire_comprimido).

★ **Principales equipos de control de emisiones atmosféricas**

[http://www.better.cl/formacion/courses/QUI513/document/Diapositivas\\_Clases/Principales\\_equipos\\_de\\_control\\_de\\_emisiones\\_atmosf%EA9ricas.pdf?cidReq=QUI513](http://www.better.cl/formacion/courses/QUI513/document/Diapositivas_Clases/Principales_equipos_de_control_de_emisiones_atmosf%EA9ricas.pdf?cidReq=QUI513)

★ **Manual de operación y mantenimiento**

<http://www.uamerica.edu.co/pub/Mecanica/EnergiasAlternativas/10.%20Manual%20de%20operaci%F3n%20y%20mantenimiento.pdf>

★ **(1) Manual de Producción más Limpia Un Paquete de Recursos de Capacitación. Unidad de Industria y Medio Ambiente del PNUMA en Francia.**

<http://www.pnuma.org/industria/documentos/pmlcp03b.pdf> (ref. enero 2009).

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## LIBROS EN PDF

- ☆ TULAS - Libro VI “DE LA CALIDAD AMBIENTAL”, Políticas Nacionales de Residuo
- ☆ GUIA GENERAL DE PRODUCCION MAS LIMPIA, Generalidades
- ☆ GUIA DE P+L, Conceptos generales y su aplicación en diferentes industrias
- ☆ PmL en América Latina.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



# ANEXOS

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



**ANEXO 1. CONTROL DE GRANULOMETRIA A LA ENTRADA DEL  
MOLINO  
ANEXO 1a:**

**Para la Sílice**

**Prueba 1**

# Malla	Abertura □m	Peso gr.	% Retenidos	% Acumulados
8	2380	3,5	1,8	1,8
20	850	47,7	23,9	25,6
40	450	52,4	26,2	51,8
60	250	36,9	18,5	70,3
80	180	29,5	14,8	85,0
100	150	10,7	5,4	90,4
200	75	15,5	7,8	98,1

**Prueba 2**

# Malla	Abertura □m	Peso gr.	% Retenidos	% Acumulados
8	2380	4,3	2,2	2,2
20	850	57,4	28,7	30,9
40	450	54,6	27,3	58,2
60	250	32,7	16,4	74,5
80	180	25,8	12,9	87,4
100	150	10,1	5,1	92,5
200	75	12,2	6,1	98,6

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Prueba 3**

# Malla	Abertura □m	Peso gr.	% Retenidos	% Acumulados
8	2380	3,9	2,0	2,0
20	850	51,1	25,6	27,5
40	450	56,8	28,4	55,9
60	250	34,7	17,4	73,3
80	180	26,2	13,1	86,4
100	150	9,6	4,8	91,2
EI 200	75	14,2	7,1	98,3

resultado promedio es: 98,3% de retenidos en malla # 200

**ANEXO 1b:**

**Para el Feldespato:**

**Prueba 1**

# Malla	Abertura □m	Peso gr.	% Retenidos	% Acumulados
8	2380	119,65	59,8	59,8
20	850	54,05	27,0	86,9
40	450	13,1	6,6	93,4
60	250	4,95	2,5	95,9
80	180	1,6	0,8	96,7
100	150	0,75	0,4	97,1
200	75	4,1	2,1	99,1

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





**Prueba 2**

# Malla	Abertura □m	Peso gr.	% Retenidos	% Acumulados
8	2380	118	59,0	59,0
20	850	34,25	17,1	76,1
40	450	15,7	7,9	84,0
60	250	10,7	5,4	89,3
80	180	6,65	3,3	92,7
100	150	2,6	1,3	94,0
200	75	10,5	5,3	99,2

**Prueba 3**

# Malla	Abertura □m	Peso gr.	% Retenidos	% Acumulados
8	2380	118,35	59,2	59,2
20	850	42,4	21,2	80,4
40	450	12,1	6,0	86,4
60	250	10,3	5,1	91,5
80	180	4,1	2,1	93,6
100	150	2,10	1,1	94,6
200	75	9,45	4,7	99,4

El resultado promedio es: 99,2% de retenidos en malla # 200

**NOTA:** Las pruebas se realizaron en los laboratorios del Cesemin. Procedimiento ver capítulo 3.3.3.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



### ANEXO 2: CONTROL DEL MATERIAL A DESPACHAR

% de residuo que lleva el material

Normalmente en la planta se toman muestras cada 2 horas para mantener la granulometría en rangos adecuados.

Cuando los molinos se descalibran o se dañan algún equipo, se toman muestras hasta que se establezca o entre dentro de parámetros el material.

Los parámetros con los que se manejaba la planta están entre 4% – 7% de retenidos.

El procedimiento para determinar el % de retenido en malla 200.(consultar Cap. 1.2.3)

#### ANEXO 2a: GRANULOMETRIA AL FINAL DE LA MOLIENDA

##### FELDESPATO

##### MALLA 200 → % DE RETENIDOS

##### Primer Mes

# muestra	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
% de Retenidos	3,4	1,1	3,2	3,2
	4,5	3,5	3,5	4,2
	6,2	6,6	4,9	5,9
	6,4	6,7	5,9	6,1

##### Segundo Mes

# muestra	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>
% de Retenidos	2,9		12,0	5,3	8,0	5,0	3,5	2,1	5,2
	5,0		10,0	5,7	7,5	6,3	4,6	4,4	5,6
	5,3		6,4	6,1	4,5	7,5	5,9	5,8	5,8
	5,9		6,7	6,5	6,8	6,8	6,6	6,4	6,0

##### Autores:

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Tercer Mes**

# muestra	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
% de Retenidos	5,9 6,1 6,5 6,7	5,8 6,4 5,2 6,6	11 7,4 7,1 9	4,9 8,7 6,3 13	1,1 4,8 9,2 9,1	silos llenos, no hay big bag para despacho	2,8 4,6 6,7 6,9

**ANEXO 2b: GRANULOMETRIA AL FINAL DE LA MOLIENDA**

**SILICE**

**MALLA 200 → % DE RETENIDOS**

**Primer Mes**

# muestra	1	2	3	4
% de Retenidos	2,3 3,1 5,5 5,7	3,2 4,4 5,9 6,1	4,1 10 5,7 6,1	9,3 6,0 6,3 6,4

**Segundo Mes**

# muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
% de Retenidos	6,1 6,4 6,3	3,7 5,6 12,6 6,8	2,9 3,1 4,6 5,9	10,1 9,8 7,5 6,9	5,6 6,3 6,4 6,6	4,1 9,0 6,1 6,3	5,8 5,3 5,7 6,1	5,4 6,5 5,9 6,7	3,4 4,3 5,4 6,5

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Tercer Mes**

# muestra	1	2	3	4	5	6	7
	3,3	6,0	6,0	7,6	12,0	2,6	4,9
% de Retenidos	4,6	6,4	6,4	6,4	10,1	3,8	5,1
	7,9	6,6	6,6	6,6	10,0	8,0	5,7
	6,8	6,5	6,5	6,7	10,2		

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



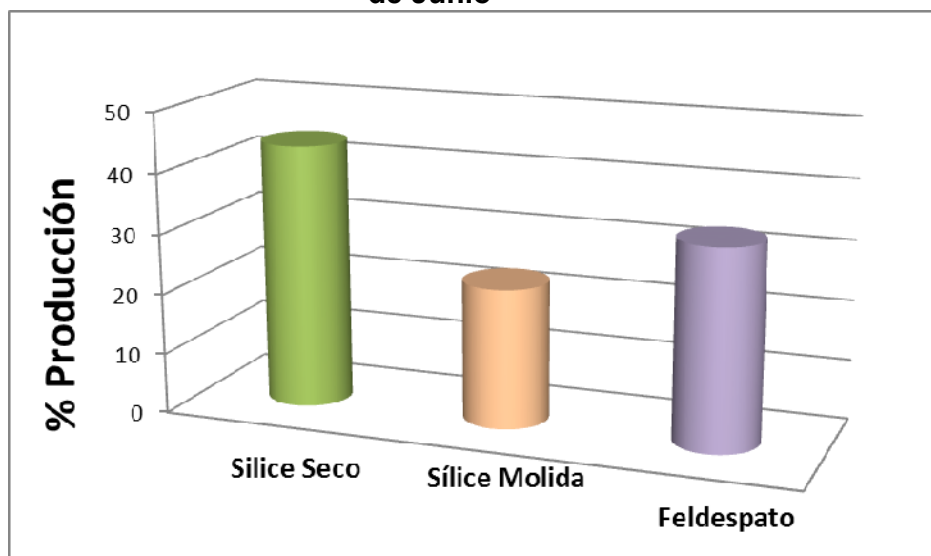
### ANEXO 3: DATOS OBTENIDOS DE PRODUCCION:

La forma de realizar el control de producción es de tipo rudimentaria, ya que en la banda que se encuentra a la entrada de los respectivos silos se coloca un saquillo durante un tiempo determinado.

Para saber cuánto es la producción diaria con simples reglas de tres obtengo los kg de producción por hora, obteniendo de esta manera para el mes en estudio lo siguiente:

Muestras	tiempo (min )	peso (Kg)	Kg/h
Sílice seco	30	14,68	1761,6
Sílice molida	60	15,50	930,0
feldespato	30	11,06	1327,2

Grafica N° 1 Porcentaje de Producción en el mes de Junio



En el gráfico se puede observar que la cantidad de sílice seca es alta, esto se debió a que se hace mas control a la sílice seca que al feldespato seco ya que este es requerido en este estado por ciertas fabricas como se puede confirmar en el Cap. 1 pág. 14

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Cabe recalcar que para otros meses la distribución varia.

#### **ANEXO 4: CANTIDAD DE RESIDUOS RECOLECTADO**

Todos los datos adjuntados a continuación son los promedios obtenidos por día para los re

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



spectivos materiales

**Tabla de Control 1: Cantidad de residuos en los diferentes equipos**

	<b>Sílice Kg/ h</b>	<b>Feldespatos Kg/ h</b>
<b>Entrada al molino</b>	1,14	0,46
	0,70	1,26
	2,96	0,28
	0,29	0,45
	1,27	0,84
	1,14	0,68
	1,30	0,54
	1,25	0,82
	1,14	0,46
	1,33	0,54
<b>Promedio</b>	1,25	0,63

<b>Banda 2</b>	13,78	21,65
	13,92	21,68
	13,87	21,75
	13,67	21,58
	13,78	21,67
<b>Promedio</b>	13,80	21,67

<b>Banda Fija</b>	2,40	2,35
	2,35	2,40
	2,41	2,35
	2,38	2,41
	2,37	2,30
	2,40	2,27
<b>Promedio</b>	2,39	2,35

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



Para la banda móvil hay que tener en cuenta la longitud de la misma ya que para cada silo le corresponde una longitud propia desde la alimentación de la banda fija hasta la boca del silo correspondiente (Ver ANEXO 9).

**Tabla de Control 2: Banda Móvil (silos correspondientes)**

Feldespató Kg/ h		Sílice Kg/ h	
S 3	S 4	S 5	S 6
4,50	1,50	5,86	8,25
3,85	1,45	5,70	7,35
3,98	1,52	5,77	7,94
4,21	1,47	5,83	7,82
4,51	1,50	5,84	8,15

**Tabla 3: Valores promedio para los materiales en estudio en cada uno de los puntos de estudio**

		Sílice Kg/h	Feldespató Kg/h
<b>Entrada al molino</b>		1,25	0,63
<b>Banda 2</b>		13,80	21,67
<b>Banda Fija</b>		2,39	2,35
<b>Banda Móvil para</b>	<b>S 3</b>		0,10
	<b>S 4</b>		0,04
	<b>S 5</b>	0,14	
	<b>S 6</b>	0,19	

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





## ANEXO 5: PRODUCCION MENSUAL DE RESIDUOS

Tabla 4: Cantidad de Sílice

	Tm/día	Tm/mes
<b>Entrada y Salida del molino</b>	0,0601	1,8024
<b>Banda</b>	0,3313	4,9694
<b>Banda Fija</b>	0,0572	0,8586
<b>Banda Móvil para</b>		
<b>S 3</b>	-	-
<b>S 4</b>	-	-
<b>S 5</b>	0,0033	0,0251
<b>S 6</b>	0,0046	0,0341
<b>Total</b>	0,4265	7,6896

Tabla 5: Cantidad de Feldespato

	Tm/día	Tm/mes
<b>Entrada y Salida del molino</b>	0,0304	0,9116
<b>Banda</b>	0,5200	7,7998
<b>Banda Fija</b>	0,0563	0,8448
<b>Banda Móvil para</b>		
<b>S 3</b>	0,0024	0,0182
<b>S 4</b>	0,0009	0,0064
<b>S 5</b>	-	-
<b>S 6</b>	-	-
<b>Total</b>	0,6100	9,5807

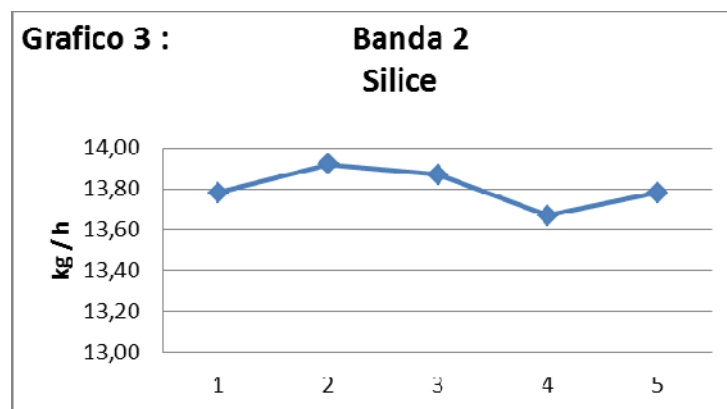
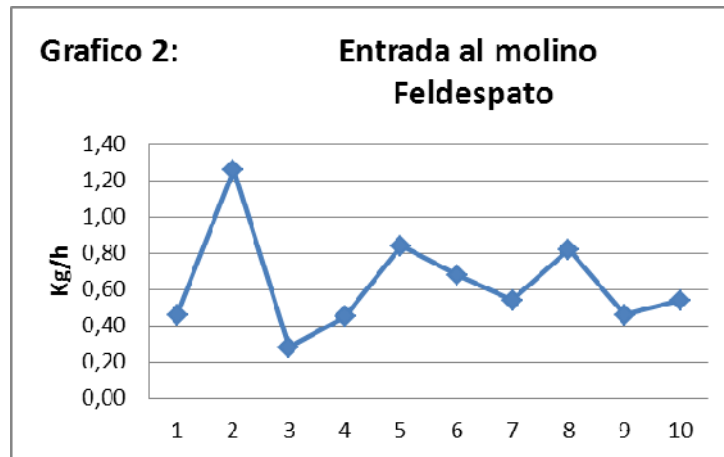
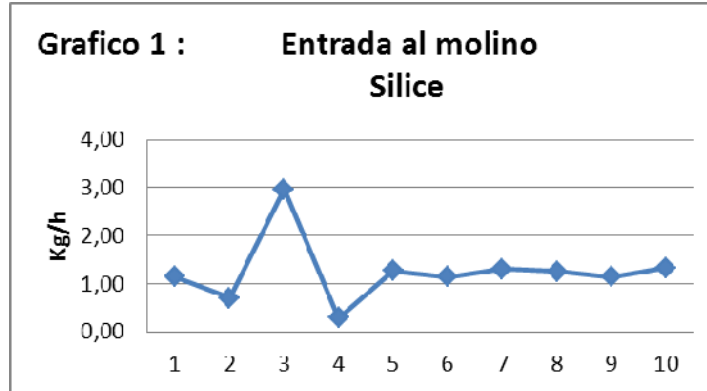
**Autores:**

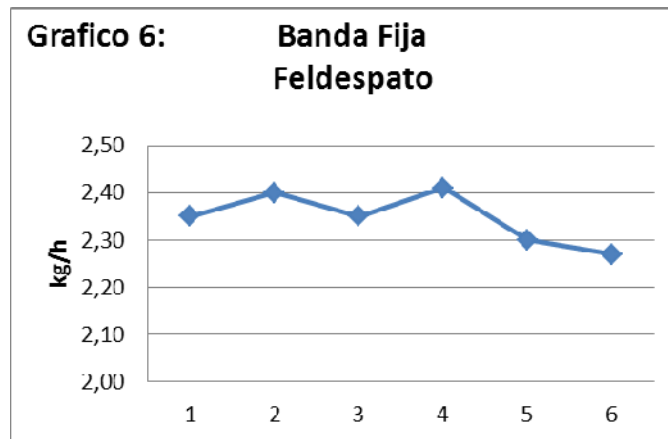
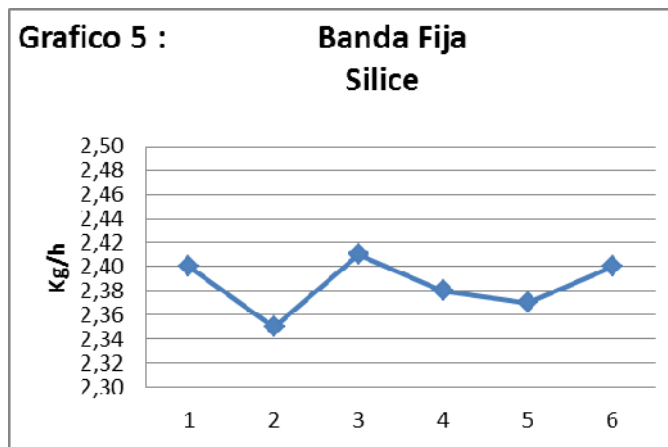
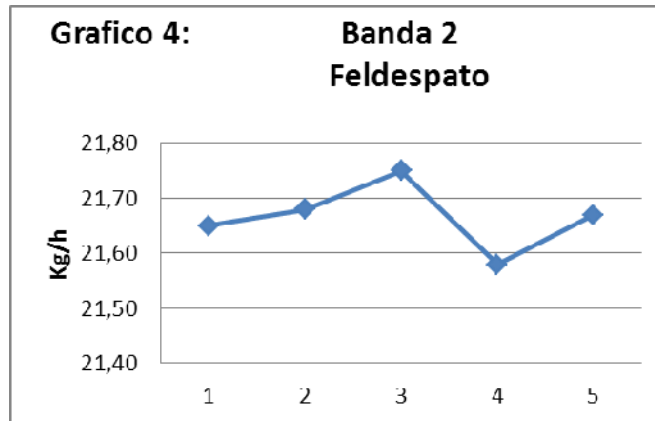
Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



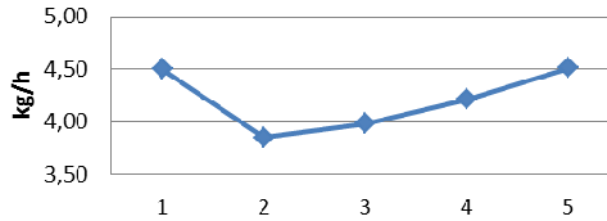
**ANEXO 5: GRÁFICOS DEL COMPORTAMIENTO DEL RESIDUO  
SÍLICE Y FELDESPATO EN LOS PUNTOS CRÍTICOS**



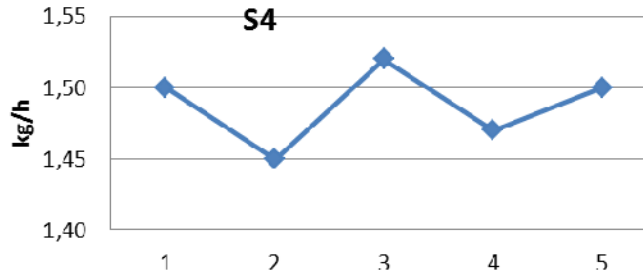




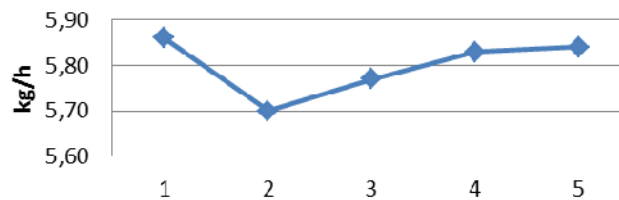
**Grafico 7: Banda Movil Feldespato S3**



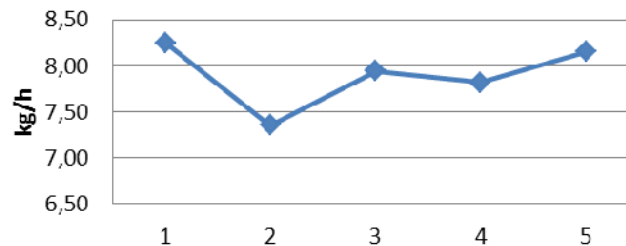
**Grafico 8: Banda Movil Feldespato S4**



**Grafico 9: Banda Movil Silice S5**



**Grafico 10: Banda Movil Silice S6**





**ANEXO 6: CONSUMO MENSUAL DE ENERGIA**

**Tabla 6: Para la Sílice**

	<b>Kwh consumido</b>
<b>Entrada y Salida del molino</b>	176,577
<b>Banda</b>	14,809
<b>Banda Fija</b>	1,919
<b>Banda Móvil para</b>	
<b>S 3</b>	---
<b>S 4</b>	---
<b>S 5</b>	0,042
<b>S 6</b>	0,057
<b>Total</b>	<b>193,404</b>

**Tabla 7: Para el Feldespato**

	<b>Kwh consumido</b>
<b>Entrada y Salida del molino</b>	89,307
<b>Banda</b>	23,243
<b>Banda Fija</b>	1,888
<b>Banda Móvil para</b>	
<b>S 3</b>	0,031
<b>S 4</b>	0,011
<b>S 5</b>	---
<b>S 6</b>	---
<b>Total</b>	<b>114,480</b>

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



Tabla 8: Análisis Energético en los equipos implícitos en la producción

ENTRADAS				PROCESO	SALIDAS				
EQUIPO	POTENCIA		Energía Consumida		PRODUCTO	TARIFAS ELECTRICAS (\$)			
	Hp	Kw				8 am - 6pm	6 pm - 10 pm	10 pm - 8 am	Total
<b>Elevador C</b>	5,00	3,73	3,73 Kw h	Transporte Banda b3; Molino Conico - Zaranda	Silice o Feldespat o de Molienda Inicial	0,227	0,279	-	0,507
<b>Molino Cónico</b>	40,00	29,80	29,80 Kw h	Molienda en MC	Molienda Inicial	1,818	2,235	-	4,053
<b>Separador de Molino A1</b>	2,00	1,49	1,49 Kw h			0,091	0,112	-	0,203
<b>35,015</b>				<b>4,762</b>					
<b>Tornillo sin fin</b>	3,00	2,24	2,24 Kw h	Separacion de Material Fino	Polvos de Silice y/o Feldespat o	0,136	0,168	0,098	0,402
<b>Absorvedor principal</b>						0,227	0,279	0,164	0,671
<b>2,235</b>				<b>1,073</b>					
<b>Molino M1 ; M2</b>	100,0	74,50	74,50 Kw h	Molienda en M1 ; M2	Silice y/o Feldespat o de la Molienda Final	4,545	5,588	3,278	13,410
<b>Ventilador M1 ; M2</b>	2,50	1,86	1,86 Kw h			0,114	0,140	0,082	0,335
<b>Separador de Molino A2; A4</b>	2,00	1,49	1,49 Kw h			0,091	0,112	0,066	0,268
<b>Separador de</b>	2,00	1,49	1,49 Kw h			0,091	0,112	0,066	0,268

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Molino A3; A5</b>		0	9		h						
<b>Elevador F</b>		5,0	3,7	3,73	Kw h	Transporte Separador A3 - Silo S9		0,227	0,279	0,164	0,671
<b>Elevador G</b>		5,0	3,7	3,73	Kw h	Transporte Separador A5 - Silo 10		0,227	0,279	0,164	0,671
<b>86,79</b>										<b>15,62</b>	
<b>3</b>										<b>3</b>	
<b>Banda 1</b>		2,0	1,4	1,49	Kw h	Transporte Triturado - Elevador EA	Transporte e de Material segun cada proceso	0,091	0,112	-	0,203
<b>Banda 2</b>		2,0	1,4	1,49	Kw h	Transporte Elevador A - Silo S1		0,091	0,112	-	0,203
<b>Banda 3</b>		2,0	1,4	1,49	Kw h	Transporte Secadero - Elevador EC		0,091	0,112	-	0,203
<b>Banda 4</b>		1,0	0,7	0,75	Kw h	Transporte Elevador ED - Banda 5		0,045	0,056	-	0,101
<b>Banda 5</b>		2,0	1,4	1,49	Kw h	Transporte Banda 5 - Silo (S3 o S4 o S5 o S6)		0,091	0,112	-	0,203
<b>carro</b>		0,2	0,1	0,19	Kw h	Transporte de Banda b5	0,011	0,014	-	0,025	
<b>6,891</b>										<b>0,937</b>	

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

<b>Elevador</b>	<b>A</b>	5,0 0	3,7 3	3,73	Kw h	Transporte Banda b1 - b2		0,227	0,279	-	0,507
<b>Elevador</b>	<b>D</b>	5,0 0	3,7 3	3,73	Kw h	Transporte Zaranda; Separadoa A1 - Banda b4	Transporte de Material segun cada proceso	0,227	0,279	-	0,507
<b>Elevador</b>	<b>E</b>	5,0 0	3,7 3	3,73	Kw h	Tansporte Banda b7 - Silo S7 o S8		0,227	0,279	-	0,507
				<b>11,17</b>							<b>1,520</b>
				<b>5</b>							
<b>TOTAL</b>				<b>142,</b>	<b>K</b>						<b>\$</b>
				<b>109</b>	<b>wh</b>						<b>23,91</b>
											<b>5</b>

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.





**ANEXO 7: PRODUCCION & CONSUMO ENERGETICO**

	<b>Enero</b>		<b>Febrero</b>		<b>Marzo</b>		<b>Abril</b>	
	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Consumo Energético (Kw)</b>	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Consumo Energético (Kw)</b>	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Consumo Energético (Kw)</b>	<b>Producción (Tm)</b>	<b>Consumo Energético (Kw)</b>
<b>SILICE SECO</b>	18,511	102783,774	33,182	184245,65	21,131	117331,5284	38,083	211458,8327
<b>SILICE MOLIDO</b>	377,991	6019270,431	417,632	6650528,6	439,481	6998460,249	227,45	3621999,094
<b>FELDESPATO</b>	220,731	3515003,218	207,275	3300724,8	283,863	4520340,861	131,044	2086793,798
	617,233	9637057,422	658,089	10135499	744,475	11636132,64	396,577	5920251,724

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



## **ANEXO 8: SILICE Y EFECTOS QUE ESTOS CAUSAN:**

### **ANEXO 8a: ANTECEDENTES**

#### **Tipos de sílice**

La sílice cristalina puede tener varios tipos. El cuarzo, una forma de sílice y el mineral más común en la corteza terrestre, está asociado con muchos tipos de roca. Otros tipos de sílice son la cristobalita y la tridimita.

#### **Potencial de exposición durante la construcción**

Los trabajadores pueden ser expuestos para respirar la sílice cristalina durante las siguientes actividades:

- Astillar, martillar y perforar roca.
- Triturar, cargar, transportar y descargar roca.
- Atomización abrasiva utilizando arena de sílice como material abrasivo.
- Atomización abrasiva del hormigón (independientemente del material abrasivo utilizado).
- Aserrar, martillar, taladrar, amolar y astillar hormigón o mampostería.
- Demolición de estructuras de hormigón y mampostería.
- Barrido en seco y aplicación de aire a presión al hormigón, roca o polvo de arena.

Incluso los materiales que contienen pequeñas cantidades de sílice cristalina pueden ser peligrosos si se utilizan en formas que producen altas concentraciones de polvo.

#### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## ANEXO 8b: EFECTOS SOBRE LA SALUD EN LA EXPOSICIÓN AL SÍLICE CRISTALINO

### Descripción de la silicosis

Cuando los trabajadores aspiran sílice cristalina, el tejido pulmonar reacciona desarrollando nódulos fibróticos y produciendo cicatrices alrededor de las partículas de sílice atrapadas. Esta condición fibrótica del pulmón se denomina silicosis. Si los nódulos crecen demasiado, la respiración se hace difícil y puede producirse la muerte. Las víctimas de la silicosis también están sometidas a riesgo de contraer tuberculosis activa.

Los pulmones de un trabajador pueden reaccionar más agudamente a la arena de sílice que ha sido fracturada en fecha reciente (aserrada, amartillada, o tratada de alguna forma que produce polvo aerotransportado). Este factor puede contribuir al desarrollo de formas agudas y aceleradas de silicosis.

### Tipos de silicosis

Un trabajador puede adquirir cualquiera de tres tipos de silicosis, dependiendo de la concentración aerotransportada de la sílice cristalina:

***Silicosis aguda***, que ocurre cuando las concentraciones de exposición están en su nivel más alto y pueden ocasionar síntomas dentro de unas cuantas semanas a 4 ó 5 años después de la exposición inicial .

***Silicosis acelerada***, que resulta de la exposición a altas concentraciones de sílice cristalino y se desarrolla de 5 a 10 años después de la exposición inicial.

***Silicosis crónica***, que ocurre de después de 10 o más años de exposición al sílice cristalina en concentraciones relativamente bajas.

### Autores:

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## Complicaciones

Inicialmente, los trabajadores con silicosis pueden no tener síntomas. A medida que la silicosis progresa, quizás tengan dificultad en respirar y otros síntomas torácicos tales como la tos. Las complicaciones infecciosas pueden ocasionar fiebre, pérdida de peso y sudores nocturnos. Varias infecciones micobacterianas y fungales pueden complicar la silicosis y pueden ser mortales. Se cree que las infecciones fungales y micobacterianas resultan cuando las células pulmonares (macrófagos) que luchan contra estas infecciones se ven abrumadas con polvo de sílice y son incapaces de eliminar a las mico bacterias y otros organismos, la mitad de las infecciones micobacterianas son causadas por el *Micobacterium tuberculosis* (TB), mientras que la otra mitad es ocasionada por *M. kansasii* y *M. avium-intracellulare*. Nocardia y Cryptococcus pueden también ocasionar infecciones en las víctimas de silicosis.

Las evaluaciones médicas de las víctimas de silicosis muestran a menudo los pulmones llenos de cristales de sílice y material proteínico. La fibrosis pulmonar (tejido fibroso en el pulmón) puede o no convertirse en casos agudos de silicosis, dependiendo del tiempo transcurrido entre la exposición y la aparición de los síntomas.

Además, las pruebas indican que la sílice cristalina es un carcinógeno ocupacional potencial y NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional) está revisando los datos sobre carcinogenicidad.

### **Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## ANEXO 8c: LÍMITES ACTUALES DE EXPOSICIÓN

### Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA)

El límite de exposición permisible actual de OSHA (PEL) para el polvo respirable que contiene sílice cristalina (cuarzo) para la industria de la construcción se mide por millones partículas por pie cúbico (mppcf, por su sigla en inglés) y se calcula utilizando la fórmula siguiente [29 CFR\* 1926.55]:

$$PEL^{\dagger} = \frac{250 \text{ mppcf}}{\% \text{ sílice } +5}$$

\*Código de Disposiciones Federales. Véase CFR en las referencias.

†Promedio ponderado en el tiempo 8-horas (TWA).

El actual PEL de OSHA para polvo respirable que contiene sílice cristalina (cuarzo) para la industria en general es el siguiente [29 CFR 1910.1000]:

$$PEL = \frac{10 \text{ mg/m}^3 \quad \text{or} \quad 250 \text{ mppcf}}{\% \text{ sílice } +2 \quad \quad \% \text{ sílice } +5}$$

### NIOSH

El límite de exposición permisible recomendado por NIOSH para el sílice cristalino respirable es de 0.05 mg/m<sup>3</sup> (50 µg/m<sup>3</sup>) tal como un TWA por hasta 10 días/hora durante una semana de trabajo de 40 horas [NIOSH 1974]

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**ANEXO 9: TULAS**  
**LIBRO Libro VI**  
**DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

**TÍTULO II**

**POLITICAS NACIONALES DE RESIDUOS SÓLIDOS**

**Art. 30.-** El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional la gestión integral de los residuos sólidos en el país, como una responsabilidad compartida por toda la sociedad, que contribuya al desarrollo sustentable a través de un conjunto de políticas intersectoriales nacionales que se determinan a continuación.

**Art. 31.- AMBITO DE SALUD Y AMBIENTE.-** *Se establece como políticas de la gestión de residuos sólidos en el ámbito de salud y ambiente las siguientes:*

- a. Prevención y minimización de los impactos de la gestión integral de residuos sólidos al ambiente y a la salud, con énfasis en la adecuada disposición final.
- b. Impulso y aplicación de mecanismos que permitan tomar acciones de control y sanción, para quienes causen afectación al ambiente y la salud, por un inadecuado manejo de los residuos sólidos.
- c. Armonización de los criterios ambientales y sanitarios en el proceso de evaluación de impacto ambiental y monitoreo de proyectos y servicios de gestión de residuos sólidos.
- d. Desarrollo de sistemas de vigilancia epidemiológica en poblaciones y grupos de riesgo relacionados con la gestión integral de los desechos sólidos.
- e. Promoción de la educación ambiental y sanitaria con preferencia a los grupos de riesgo.

**Art. 32.- AMBITO SOCIAL.-** *Se establece como políticas de la gestión de residuos sólidos en el ámbito social las siguientes:*

- a. Construcción de una cultura de manejo de los residuos sólidos a través del apoyo a la educación y toma de conciencia de los ciudadanos.
- b. Promoción de la participación ciudadana en el control social de la prestación de los servicios, mediante el ejercicio de sus derechos y de sistemas regulatorios que garanticen su efectiva representación.
- c. Fomento de la organización de los recicladores informales, con el fin de lograr su incorporación al sector productivo, legalizando sus organizaciones y propiciando mecanismos que garanticen su sustentabilidad.

**Art. 33.- AMBITO ECONOMICO-FINANCIERO.-** *Se establece como políticas de la gestión de residuos sólidos en el ámbito económico- financiero las siguientes:*

- a. Garantía de sustentabilidad económica de la prestación de los servicios, volviéndolos eficientes y promoviendo la inversión privada.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



- b. Impulso a la creación de incentivos e instrumentos económico-financieros para la gestión eficiente del sector.
- c. Desarrollo de una estructura tarifaria nacional justa y equitativa, que garantice la sostenibilidad del manejo de los residuos sólidos.
- d. Fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos, considerándolos un bien económico.

**Art. 34.- AMBITO INSTITUCIONAL.- Se establece como políticas de la gestión de residuos sólidos en el ámbito institucional las siguientes:**

- a. Reconocimiento de la autoridad pública en los distintos niveles de gobierno en la gestión de los residuos sólidos.
- b. Fomento de la transparencia en la gestión integral de los residuos sólidos.
- c. Fortalecimiento de la conducción estratégica sectorial de los residuos sólidos y de la capacidad de gestión de las instituciones, tanto en el ámbito nacional como seccional, optimizando los recursos económicos, técnicos y humanos.
- d. Definición y asignación de los roles específicos de cada uno de los actores del sector, en lo referente a planificación, regulación y control de la gestión integral de los residuos sólidos.
- e. Modernización del sector mediante la implementación de estructuras institucionales ágiles y mecanismos de coordinación entre los diferentes actores.
- f. Fomento a la creación de mancomunidades entre gobiernos seccionales para la gestión integral de los residuos sólidos.
- g. Sistematización y difusión del conocimiento e información, relacionados con los residuos sólidos entre todos los actores.
- h. Fomento a la participación privada en el sector de residuos sólidos.

**Art. 35.- AMBITO TÉCNICO.- Se establece como políticas de la gestión de residuos sólidos en el ámbito técnico las siguientes:**

- a. Garantía de la aplicación de los principios de minimización, reuso, clasificación, transformación y reciclaje de los residuos sólidos.
- b. Manejo integral de todas las clases de residuos sólidos en su ciclo de vida.
- c. Garantía de acceso a los servicios de aseo, a través del incremento de su cobertura y calidad.
- d. Fomento a la investigación y uso de tecnologías en el sector, que minimicen los impactos al ambiente y la salud, mediante el principio precautorio.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



**Art. 36.- AMBITO LEGAL.-** *Se establece como políticas de la gestión de residuos sólidos en el ámbito legal las siguientes:*

- a. Garantía de la seguridad jurídica en la gestión integrada de los residuos sólidos, a través de la implementación de un régimen sectorial.
- b. Ordenamiento jurídico del sector mediante la codificación, racionalización y simplificación de los mecanismos de cumplimiento, control y sanción de la normativa existente.
- c. Desarrollo y aplicación de mecanismos que permitan tomar acciones conjuntas de estímulo, control y sanción a los responsables de la gestión de los residuos sólidos.

### **DISPOSICIONES FINALES**

**Primera.-** El Presidente de la República encarga a los Ministerios de Salud Pública, Ambiente y de Desarrollo Urbano y Vivienda la formulación de un Plan de Inversiones, con el fin de movilizar los recursos, crear mecanismos de infraestructura institucionales para la correcta rectoría de la gestión de residuos sólidos en el país.

**Segunda.-** El presente Título se constituye en un mecanismo directriz que permitirá la aplicación de un Plan Estratégico del Sector, así como la ejecución del Plan de Inversiones.

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.





### TÍTULO III

#### DEL COMITÉ DE COORDINACIÓN Y COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS

**Art. 37.-** Crease el Comité de Coordinación y Cooperación Interinstitucional para la Gestión de Residuos. Dicho Comité tiene competencia nacional y será el ejecutor de todo tipo de acciones tendientes a buscar acuerdos entre los diversos actores de la gestión de residuos en el Ecuador, que permitan mejorar las capacidades de gestión, optimizar los recursos y capacidades instaladas y viabilizar acciones efectivas y coordinadas dentro del sector.

**Art. 38.-** Forman parte integrante del Comité de Coordinación y Cooperación Interinstitucional para la gestión de residuos:

- a) El Ministerio de Agricultura y Ganadería;
- b) El Ministerio del Ambiente;
- c) El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda;
- d) El Ministerio de Energía y Minas;
- e) El Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca;
- f) El Ministerio de Salud Pública;
- g) El Ministerio de Turismo;
- h) La Asociación de Municipalidades del Ecuador; e,
- i) El Consorcio de Consejos Provinciales del Ecuador.

**Art. 39. Atribuciones.-** Son atribuciones del Comité de Coordinación y Cooperación Interinstitucional las siguientes:

1. Asesorar al sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental respecto de la gestión de residuos;
2. Promover el reordenamiento jurídico;
3. Evaluar a nivel macro las políticas sectoriales;

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



4. Priorizar los temas de acción y los recursos que guardan relación con el tema de residuos en el Ecuador;
5. Coordinar la participación de instancias similares de otros ámbitos, niveles o sectores, en tanto sea preciso que se relacionen con el sector de los residuos;
6. Monitorear los proyectos sectoriales referentes a la gestión de residuos que se encuentren en marcha;
7. Desarrollar medidas o acciones orientadas a controlar los aspectos negativos de la gestión de residuos en el Ecuador;
8. Actuar coordinadamente frente a situaciones de emergencia;
9. Estructurar un Plan Básico Anual, estableciendo metas, responsabilidades y compromisos tendientes a obtener un adecuado manejo de residuos en el Ecuador; y,
10. Reglamentar su operatividad con el fin de lograr un funcionamiento adecuado.

**Art. 40. Instancias.-** La acción del Comité de Coordinación y Cooperación Interinstitucional para la Gestión de Residuos se enmarca en las siguientes instancias:

- a) Política.- que involucra la toma de decisiones que orienten la gestión de los actores de los procesos según las disposiciones legales correspondientes; y,
- b) Técnica.- que implica la capacidad de incidir en los procedimientos operativos y en la participación de los distintos actores, siempre dentro del marco de las orientaciones de las instancias políticas y normatividad general vigente.

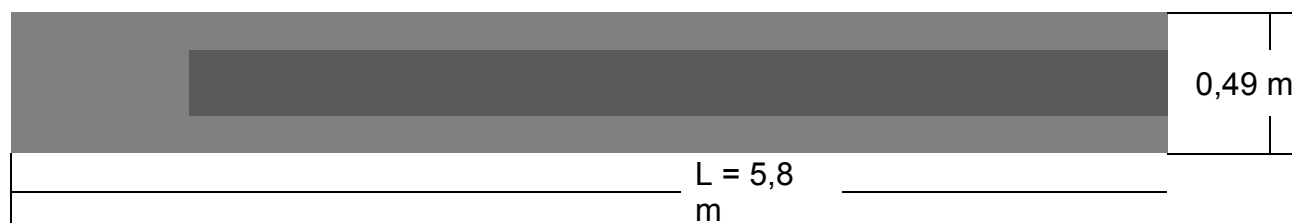
**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



ANEXO 10: ESPECIFICACIONES DE BANDAS

ANEXO 9a: Banda 2



<b>Longitud total de la banda</b>	<b>5,8</b>	<b>m</b>
<b>Ancho de la banda</b>	<b>0,49</b>	<b>m</b>
<b>tiempo de traslado</b>	<b>9 s</b>	
Longitud ocupada para la descarga	5,2	m
Ancho ocupado por el material (Huella)	0,25	m
Altura aproximada del material transportado	4- 6- .4	Cm

	<b>Humedad</b>
Sílice	8,7
Feldespatos	5,6

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.



ANEXO 10b: Banda Móvil



Longitud total de la banda 8,2 m  
Ancho de la banda 0,4 m  
Altura aproximada del material transportado 1-1.5 – 1 cm  
Ancho ocupado por el material (Huella) 0,17 m  
Tiempo de traslado 40 s

	Feldespatos		Sílice	
	Silo 3	Silo 4	Silo 5	Silo 6
Longitud ocupada para la descarga	5,63 m	2,65 m	1,5 m	4,30 m

**Humedad**

Sílice 0,32  
Feldespatos 0,42

**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



## ANEXO 11: FOTOS DE LA PLANTA EN ESTUDIO

**FOTO 1: Polvo en el ambiente**



**FOTO 2: Residuos en las bandas**



**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

**FOTO 3: Línea de proceso en estudio b2**



**FOTO 4: Línea de proceso en estudio Banda Fija**



**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

---

**FOTO 5: Línea de proceso en estudio Banda Móvil**



**FOTO 6: Entrada al molino**



**Autores:**  
Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

**FOTO 7: Colocación del material para muestreo**



**Preparación del material para recolección de muestras**

**FOTO 8: Muestreo Banda b2**







**FOTO 9: Muestreo a la entrada del molino**



**FOTO 10: Muestreo en banda móvil**



**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.

Jaime Estuardo Cuenca León.

**FOTO 11: Control de la Cantidad acumulada en 1 hora**



**FOTO 12: Atascamiento en las tuberías a la salida del molino**



**Autores:**

Jessica Cristina Cajamarca León.  
Jaime Estuardo Cuenca León.

**FOTO 13: Desalinamiento en bandas**



**FOTO 14: Recolección del polvo proveniente del separador.**

