

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**REINGENIERÍA DE UNA CHANCADORA  
PRIMARIA DE MANDÍBULAS 30 X 42 MARCA  
CEDARAPID**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**DANTE FREDY LÁZARO RAMOS**

PROMOCIÓN 2004 - I

LIMA-PERÚ

2012

## **INDICE**

<b>PRÓLOGO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1 ANTECEDENTES	5
1.2 OBJETIVOS	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	6
1.4 LIMITACIONES	6
1.5 ALCANCES	7
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>8</b>
<b>FUNDAMENTO TEORICO DE LAS FUNDADORAS CHANCADORAS PRIMARIAS</b>	<b>6</b>
2.1 CONMINUCION	8
2.1.1 Postulado de RITTINGER	9
2.1.2 Postulado de Kick	10
2.1.3 Postulado de BOND	11
2.1.4 Determinación del Wi	12
2.1.5 Carga circulante	13
2.2 CHANCADORA DE MANDIBULA	14
2.2.1 Doble conexión articulada	14
2.2.2 Pivot elevado	15

2.2.3	Excéntrico elevado	16
2.2.4	Trituradora Dodge	16
2.3	<b>DISEÑOS DE EQUIPOS DE TRITURACIÓN</b>	17
2.3.1	Consumo energético por tonelada de mineral triturado	17
2.3.2	Cálculo de capacidad de la Chancadora de mandíbulas	18
2.3.3	Cálculo del ángulo de chancado	20
	<b>CAPITULO III</b>	<b>22</b>
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE CHANCADO</b>	<b>22</b>
3.1	DESCRIPCIÓN LÍNEA DE TRITURACIÓN	22
3.2	LAYOUT DE LAS CUATRO LÍNEAS DE TRITURACIÓN	23
3.2.1	Imagen de la línea de trituración PETTIBONE	24
3.2.2	Imagen de la línea de trituración CEDARAPID	25
3.2.3	Imagen de la línea de trituración TRIO	26
3.2.4	Imagen de la línea de trituración C-80	27
3.2.5	Imagen panorámica de las cuatro líneas de trituración	28
3.3	LISTADO DE EQUIPOS QUE SE INSTALARON	29
3.4	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE CHANCADO	29
3.4.1	Antes de la Operación	29
3.4.2	Inicio de la Operación	31
3.4.2.1	Rutas de acceso y desplazamiento dentro de la planta de chancado	31
3.4.2.2	Encendido del grupo electrógeno	31
3.4.2.3	Operación en cabina de control	31
3.4.2.4	Secuencia de arranque	32
3.4.2.5	Inicio de producción	32

3.4.2.6	Paradas de emergencia	33
3.4.2.7	Desatoro de chancadora secundaria	34
3.4.2.8	Desatoro de chancadora primaria	35
3.4.2.9	Detector de metales	35
3.4.2.10	Sobrecarga en las fajas transportadoras	36
3.4.2.11	Sobrecarga en las zarandas	37
3.4.2.12	Limpieza de nivel de finos en zaranda	37
3.4.2.13	Finalización de operaciones	38
<b>CAPITULO IV</b>		<b>40</b>
<b>REINGENIERÍA DE LA CHANCADORA PRIMARIA DE LA MANDÍBULAS 30x42</b>		
<b>CEDARAPID</b>		<b>40</b>
4.1	<b>MODIFICACIÓN DEL PERFIL DE CHANCADO</b>	<b>40</b>
4.1.1	Perfil de las mandíbulas de trituración	40
4.1.2	Perfil de chancado inicial junio 2011	42
4.1.2.1	Perfil de cantera	42
4.1.3	Modificación del perfil de chancado septiembre 2012	43
4.2	<b>MODIFICACIÓN DEL TIPO DE ALEACIÓN DEL PERFIL DE CHANCADO</b>	<b>45</b>
4.2.1	Desgaste	45
4.2.1.1	El desgaste por abrasión	45
4.2.2	Desgaste por impacto	46
4.2.3	Desgaste por fricción	46
4.2.4	Aceros de baja aleación, aceros al manganeso y hierros fundidos aleados	46
4.2.4.1	Aceros de baja aleación	46
4.2.4.2	Aceros Austeníticos al Manganeso	47
4.2.4.3	Fundiciones aleadas (NIHARD)	47

4.2.4.4	Producción de aceros de baja aleación, aceros al manganeso y hierros fundidos	47
4.2.4.5	Composición química, propiedades mecánicas y Microestructura de aceros al Manganeso	48
4.2.5	Cambio en las especificaciones de los materiales de los forros del equipo de chancado primario	49
4.3	<b>MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN</b>	<b>52</b>
4.3.1	Sistema controlado del alimentador vibratorio, por un variador velocidad	53
4.3.2	Evaluación de cómo se incrementara la velocidad del motor eléctrico, cuando se cambie la frecuencia de trabajo	54
4.3.3	Variador de velocidad seleccionado	55
4.3.4	Plano de fuerza y control de la instalación del variador de velocidad	57
4.4	<b>MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE LA ABERTURA DE TRITURACIÓN</b>	<b>58</b>
4.4.1	Regulación de la abertura de trituración con un sistema mecánico	58
4.4.2	Partes de la chancadora que se involucran en el sistema de regulación	60
4.4.3	Sistema de regulación de las aberturas de trituración con un sistema hidráulico	61
4.5	<b>VARIACIÓN DEL ANGULO DE TRITURACIÓN</b>	<b>65</b>
4.5.1	Variación del Toggle o fusible mecánico	66
4.5.2	Medición del ángulo de chancado	68
4.5.3	Comportamiento de la chancadora de acuerdo a la	

variación del ángulo de chancado	10
4.5.4 Angulo de Chancado Vs Abertura de Chancado	71
4.5.5 Observaciones del ángulo de chancado	72
4.6 COMPARATIVO DE LA DURACIÓN DE LOS FORROS DE ACUERDO A LA REINGENIERIA APLICADA	72
4.7 ENSAYOS REFERENTES AL DESGASTE DE LOS ACEROS DE UNA CHANCADORA PRIMARIA.	73
4.7.1 Ensayo de los ángeles	73
4.7.2 Ensayo CERCHAR	74
4.7.3 Ensayo PIN ON DISK	75
4.7.4 Análisis mineralógico	75
<b>CAPITULO V</b>	<b>77</b>
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>77</b>
5.1 RESUMEN DE TODA LA PARTIDA ANTES DE LA REINGENIERIA	77
5.2 DETALLE DE CADA PARTIDA ANTES DE LA REINGENIERIA	78
5.2.1 Mano de obra de operación	78
5.2.2 Mano de obra de mantenimiento	79
5.2.3 Materiales de mantenimiento	79
5.2.4 Materiales de desgaste	80
5.2.5 Equipos depreciados	80
5.3 RESUMEN DE TODA LA PARTIDA LUEGO DE LA REINGENIERIA	81
5.4 DETALLE DE CADA PARTIDA LUEGO DE LA REINGENIERIA	82
5.4.1 Mano de obra de operación	82
5.4.2 Mano de obra de mantenimiento	83
5.4.3 Materiales de mantenimiento	83
5.4.4 Materiales de desgaste	84

5.4.5 Equipos depreciados	84
5.4.6 Análisis detallado de las partidas de materiales de desgaste y mantenimiento	85
5.5 RESUMEN DE TODA LA PARTIDA PREVISTA ANTES DE INICIAR LA OPERACIÓN	92
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>93</b>
6.1 REFERENTE A LOS PROBLEMAS TÉCNICOS ORIGINADOS POR EL DESGASTE EXCESIVO DE LOS ACEROS	93
6.2 REFERENTE A LOS PLAZOS CONTRACTUALES	94
6.3 REFERENTE A LA UTILIDAD PREVISTA	94
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>95</b>
<b>BIBLIOGRAFÍAS</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS</b>	

## PRÓLOGO

En el **capítulo I**, hacemos una introducción general del proyecto, describiendo los antecedentes y objetivos, la reseña histórica del proyecto, luego una descripción del proceso de chancado, limitaciones, alcance y desarrollo del presente trabajo.

En el **capítulo II**, hacemos una reseña histórica de los equipos de chancadora primaria, fundamentos de chancado primario de mandíbulas, ecuación básico de una chancadora primaria, principios básicos como: ángulo de chancado, tipo de forros móviles y fijos, tipos de chancadora primaria de mandíbula.

También en este capítulo hacemos una descripción de las distintas aleaciones de los forros de los equipos de chancado primario y como impacto en el proceso de chancado.

En el **capítulo III**, hacemos una descripción de la línea de chancado primaria instalado y el balance de línea, que se instaló en el proyecto y los problemas que se presentaron durante la producción en los dos primeros meses que fueron: diseño rígido, chutes no preparados para soportar abrasión que presentaba el mineral y el desgaste prematuro de los elementos de desgates que fueron: forros de chancadora primaria forros de chancadora secundaria, chutes de las fajas transportadoras y mallas de clasificación de las zarandas.



En el **capítulo IV**, Planteamos la solución como reingeniería, para mitigar las condiciones que nos arrastran a un sobre costo.

En el **capítulo V**, Hacemos un análisis económico del diseño inicial de la línea de chancado y del nuevo diseño tomando como referencia todos los problemas presentados y las soluciones planteadas.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El presente estudio hace referencia a los servicios de procesamientos de mineral para el proyecto Pucamarca, perteneciente a la empresa MINSUR. Este estudio muestra como todavía en el siglo XXI, en pleno auge de la globalización de mercados y repunte de la tecnología, tenemos una gran falencia en el sector de construcción y minería por que no se puede determinar el desgaste de los aceros en los equipos de trituración en forma directa, ya que no existe un ensayo estandarizado sobre dicho proceso; lo cual está originando demandas millonarias en el sector privado y estatal. El desgaste de los aceros representa más del 50% del costo directo en un proceso de trituración.

En este estudio mostramos como la reingeniería aplicado a los equipos de trituración primaria, nos permite eliminar las pérdidas originadas por el desgaste excesivo de los aceros y salvaguardar la vida técnica del equipo, ya que la reingeniería aplicada está sustentada en los datos técnicos de diseño del equipo.

La reingeniería aplicado a los equipos de chancado primario, han sido las siguientes:

- Modificación del tipo de alimentación, se cambió la alimentación constante en el tiempo, por una alimentación variable de acuerdo a las características del

material a triturar y la capacidad del equipo.

- **Modificación del sistema de regulación de la abertura de trituración, se cambió la regulación mecánica (a través de tecles), por una regulación hidráulica (a través de pistones).**
- **Modificación de la aleación de los aceros, se modifica el tipo de aleación de acuerdo a las características en la trituración del material. Una particularidad fundamental del material a triturar fue el consumo de una potencia relativamente menor al previsto (se usaba 100 Hp y el previsto era de 150 Hp), esto se originaba porque el material era frágil con un alto contenido de cuarzo, lo cual originaba que las aleaciones al manganeso no alcancen los 400 BHN (ya que estas aleaciones tienen que estar sometidos a grande esfuerzos para que su dureza varíe de 200 BHN a 400 BHN).**
- **Variación del ángulo de chancado, debido al desgaste excesivo de los aceros, se llegaba a un punto en el cual se tenían que retirar los elementos de desgaste porque estos no se podían seguir regulando, pese a que todavía podían ser utilizados.**

Al final de este estudio, se mejoró la rentabilidad del proyecto gracias a la aplicación de la reingeniería en los equipos de chancado primario.

El proyecto está ubicada cerca al hito 52 de la frontera peruano - chilena, el cual forma el límite oriental del proyecto. En el presente estudio se evaluó el impacto en la línea de chancado primario, debido a la abrasión excesiva del mineral y las soluciones para mitigar los problemas técnicos ocasionados debido a esta abrasión y su impacto en la producción.

## **1.1 ANTECEDENTES**

El proyecto inicio en Marzo 2010 y paralizó en Abril 2010, debido a los reclamos de las comunidades aledañas, debido a la contaminación y el consumo del recurso hídrico; el cual reinició las operaciones en Mayo 2011. En este proyecto se removerá 48.30 millones de toneladas de material durante los siete años de vida de la mina, llegando a una profundidad de 278 m (en el cerro Checocollo), extrayendo 34.24 Millones de toneladas de mineral y 14.06 millones de toneladas de desmonte, recuperando 500,000 onzas de oro. La explotación del tajo considera la utilización de explosivos a un ritmo de 0.14 Kg de ANFO (ammonium nitrate/fuel oil) por tonelada de material y el mineral y/o desmonte que se obtenga de las voladuras, se transportaran hacia el proceso de chancado y botadero respectivamente.

El cliente (Minera Minsur), nos contrata para realizar el proceso de chancado durante el primer año del proyecto, del cual se obtendrán dos tipos de material, los cuales son:

- Overliner, del cual su demanda fue de 300,000 m<sup>3</sup>.
- Preminado, del cual su demanda fue de 700,000 m<sup>3</sup>.

## **1.2 OBJETIVOS**

Los objetivos del presente estudio son los siguientes:

1. Superar los problemas técnicos en la línea de producción de chancado primario, los cuales tienen su origen en el desgaste excesivo de los aceros, debido a la abrasión elevada del material a triturar (esta anomalía no fue considerado en la estructura de costos inicialmente).
2. Cumplir con los plazos contractuales estipulados en el contrato.

3. Conseguir una utilidad antes de impuestos del 49%, de acuerdo a lo previsto

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Luego de iniciar la producción durante el primer mes (inicio el 18 Julio y finalizo el 31 de Julio del 2011), se obtuvo un volumen producido de 18,000 m<sup>3</sup> y debiendo realizar u 31,000 m<sup>3</sup>. Al finalizar la producción se visualizaron los siguientes inconvenientes en el equipo de chancado primario:

- El desgaste excesivo en los elementos de desgaste (forro fijo y forro móvil).
- Atoramientos constantes en la boca de trituración.
- Regulación de la abertura de trituración, dos veces por turno.
- Desgaste de las planchas laterales y frontales del alimentador vibratorio.
- Necesidad de contratación de un número mayor de mano de obra, respecto el previsto. Todo lo indicado líneas arriba origino que nuestro costo previsto se menor al costo realizado.

### **1.4 LIMITACIONES**

La limitación mayor se encontró cuando se trató de evaluar y justificar técnicamente el desgaste prematuro de los forros de la chancadora primaria, debido a que no existía un estudio de la “abrasión” del mineral que se estaba procesando, y en consecuencia no teníamos un patrón de medida referente en el contrato; la siguiente limitación era cumplir con el tiempo contractual (para no incurrir en multas o cancelación del contrato) y el tiempo de entrega de los forros (los proveedores ofrecían 60 días para cambiar el diseño en la fundición).

## **1.5 ALCANCES**

Durante la ejecución de este servicio se emplearon cuatro equipos de chancado primario, dos zarandas vibratorias, una chancadora secundaria y diecisiete fajas transportadoras (con estos equipos se instalaron cuadro líneas de producción), pero el presente estudio hace referencia solo a la CHANCADORA PRIMARIA CEDARAPID, porque el 70% de los problemas que se presentaron por el desgaste excesivo de los aceros indican en estos equipos.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO DE CHANCADORAS PRIMARIAS**

#### **2.1 CONMINUCIÓN**

La conminución o reducción de tamaño de un material, es una etapa importante y normalmente la primera en el procesamiento de minerales.

Los objetivos de la conminución son:

- Producir partículas de tamaño y forma adecuada para su utilización directa.
- Liberar los materiales valiosos de la ganga de modo que ellos puedan ser concentrados.
- Aumentar el área superficial disponible para reacción química.

Dependiendo del rango de tamaño de partículas la conminución se acostumbra a dividir en:

- Chancado para partículas gruesas mayores que 2".
- Molienda para partículas menores de 1/2" - 3/8".

En la conminución el parámetro principal a controlar es el consumo de energía y en los procesos de chancado, molienda y clasificación se encuentra estrechamente relacionada con el grado de reducción de tamaño alcanzado por las partículas en la correspondiente etapa de conminución. Sin embargo, estudios han demostrado que

gran parte de la energía mecánica suministrada a un proceso de conminución, se consume en vencer resistencias nocivas tales como:

- Deformaciones elásticas de las partículas antes de romperse.
- Deformaciones plásticas de las partículas, que originan la fragmentación de las mismas.
- Fricción entre las partículas.
- Vencer inercia de las piezas de la máquina.
- Deformaciones elásticas de la máquina.
- Producción de ruido, calor y vibración de la instalación.
- Generación de electricidad.
- Roce entre partículas y piezas de la máquina.
- Pérdidas de eficiencia en la transmisión de energía eléctrica y mecánica.

De lo anterior, se pone en relieve la necesidad de establecer correlaciones confiables entre la energía específica [kwh/ton] consumida en un proceso de conminución y la correspondiente reducción de tamaño alcanzada en dicho proceso.

El resultado de la conminución es medido a través de la razón de Reducción:

$$R_r = \frac{\text{Tamaño del alimento}}{\text{Tamaño del producto}} = \frac{d_{80\text{alimento}}}{d_{80\text{producto}}} \quad (1)$$

### **2.1.1 Postulado de RITTINGER (1867) (Primera Ley de la Conminución).**

Este postulado considera solamente la energía necesaria para producir la ruptura de cuerpos sólidos ideales (homogéneos, isotrópicos y



sin fallas), una vez que el material ha alcanzado su deformación crítica o límite de ruptura.

Dónde:

$$E_R = K_R \left[ \left( \frac{1}{P_{80}} \right) - \left( \frac{1}{F_{80}} \right) \right] \quad (2)$$

$E_R$  = Energía específica de conminución (kWh/ton).

$K_R$  = Constante de Rittinger.

$P_{80}$  = Tamaño del 80% acumulado pasante en el producto.

$F_{80}$  = Tamaño del 80% acumulado pasante en la alimentación.

Aun cuando el postulado de Rittinger carece de suficiente respaldo experimental, se ha demostrado en la práctica que dicha teoría funciona mejor para la fracturación de partículas gruesas, es decir, en la etapa de chancado del materia

### **2.1.2 Postulado de KICK (1885) (Segunda Ley de la Conminución)**

La energía requerida para producir cambios análogos en el tamaño de cuerpos geoméricamente similares, es proporcional al volumen de estos cuerpos. Esto significa que iguales cantidades de energía producirán iguales cambios geoméricos en el tamaño de un sólido. Kick consideró que la energía utilizada en la fractura de un cuerpo sólido ideal (homogéneo, isotrópico y sin fallas), era sólo aquella necesaria para deformar el sólido hasta su límite de ruptura; despreciando la energía adicional para producir la ruptura del mismo.

$$\overline{E}_K = K_K \text{Log} \left( \frac{F_{80}}{P_{80}} \right) \quad (3)$$

Dónde:

$\hat{E}_K$  = Energía específica de conminución (kWh/ton).

$K_K$  = Constante de Kick.

$P_{80}$  = Tamaño del 80% acumulado pasante en el producto.

$F_{80}$  = Tamaño del 80% acumulado pasante en la alimentación.

Aun cuando el postulado de Kick carece de suficiente respaldo experimental; se ha demostrado en la práctica, que su aplicación funciona mejor para el caso de la molienda de partículas finas.

### 2.1.3 Postulado de BOND (1952) (Tercera Ley de la Conminución)

La energía consumida para reducir el tamaño 80% de un material, es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tamaño 80%; siendo éste último igual a la abertura del tamiz (en micrones) que deja pasar el 80% en peso de las partículas. Bond definió el parámetro KB en función del Work Index WI (índice de trabajo del material), que corresponde al trabajo total (expresado en [kWh/ton. corta]), necesario para reducir una tonelada corta de material desde un tamaño teóricamente infinito hasta partículas que en un 80% sean inferiores a 100 [μm].

$$\overline{E}_B = 10W_I \left( \frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right) \quad (4)$$

Dónde:

$\hat{E}_B$  = Energía específica de conminución (kWh/ton).

$W_I$  = Índice de trabajo (kWh/ton. corta).

$P_{80}$  = Tamaño del 80% acumulado pasante en el producto.

$F_{80}$  = Tamaño del 80% acumulado pasante en la alimentación.

El parámetro  $W_i$  depende tanto del material (resistencia a la conminución) como del equipo de conminución utilizado, debiendo ser determinado experimentalmente para cada aplicación requerida. También representa la dureza del material y la eficiencia mecánica del equipo. Durante el desarrollo de su tercera teoría de la conminución, Fred Bond consideró que no existían rocas ideales ni iguales en forma y que la energía consumida era proporcional a la longitud de las nuevas grietas creadas.

El Test de Bond tiene 3 grandes ventajas:

- Existe una gran cantidad de datos disponibles.
- Funciona bien para cálculos iniciales.
- Alternativa simple para medir la eficiencia mecánica de equipos de conminución.

#### **2.1.4 Determinación del Work index**

El WI se determina a través de ensayos de laboratorio, que son específicos para cada etapa (chancado, molienda de barras, molienda de bolas). Estos ensayos entregan los parámetros experimentales, respectivos de cada material, los que se utilizan en las ecuaciones respectivas, que se indican a continuación.

$$W_i = 2.59 \frac{K_c}{\rho_s} \quad (5)$$

Donde:

$W_i$  = Work Index [kWh/ton corta].

$K_c$  = Esfuerzo de impacto aplicado, necesario para fracturar el material (lb-pie/pulg espesor roca)

$\rho_s$  = Gravedad específica del sólido.

Tabla 2.1 Valores típicos de  $W_i$

Material	(KWh/Ton. Corta)	Material	(KWh/Ton. Corta)
Todos los materiales	15.19	Vidrio	3.39
Barita	6.86	Mineral de oro	16.31
Basalto	22.45	Granito	15.83
Clinker de cemento	14.84	Mineral de hierro	16.98
Arcilla	7.81	Mineral de plomo	12.54
Carbon mineral	12.51	Caliza	12.77
Mineral de cobre	14.44	Mica	148
Dolomita	12.44	Lutita petrolifera	19.91
Esmeril	64	Roca fosfatada	11.14
Feldespato	12.84	Cuarzo	14.05
Galena	10.68	Taconica	16.36

### 2.1.5 Carga Circulante

Se entiende como Carga Circulante (CC), a la razón entre el flujo de material que recircula y la alimentación fresca que llega al circuito. La ecuación es:

$$CC = \frac{R}{A_s} \times 100 \quad (6)$$

Dónde:

R = Flujo del sólido que recircula.

A = Alimentación fresca del sólido al circuito

## **2.2 CHANCADORA DE MANDÍBULA**

Las chancadoras de mandíbulas son equipos dotados de 2 placas mandíbulas, en los que una de ellas es móvil y presiona fuerte sobre la otra, fracturando el material que se encuentra entre ambas. Las trituradoras de mandíbulas se usan principalmente como trituradoras primarias. Su propósito principal es producir material que puede ser transportado en cintas transportadoras hacia las etapas posteriores de trituración. Los forros de la mandíbula móvil están montados en una biela con movimiento oscilante y deben remplazarse regularmente debido al desgaste.

Hay dos tipos básicos de trituradoras de mandíbulas, las de un solo efecto y las de doble efecto. En la trituradora de un solo efecto hay un eje excéntrico en la parte superior de la trituradora y la rotación del eje junto con la placa basculante, produce una acción compresiva. Una trituradora de doble efecto tiene básicamente dos ejes y dos placas basculantes, su primer eje es un eje pivotante en la parte superior de la trituradora, mientras que el otro es un eje excéntrico que acciona las dos placas articuladas y la mandíbula móvil tiene un movimiento puro de vaivén hacia la mandíbula fija. Según el tipo de movimiento de la placa móvil, estas chancadoras se clasifican en los siguientes tipos:

- Doble conexión articulada
- Pivot elevado
- Excéntrico elevado
- Trituradora Dogge

### **2.2.1 Doble conexión articulada**

Utilizada para la trituración primaria y secundaria de rocas duras,

tenaces y abrasivas, así como para materiales pegajosos, con planos de fractura definidos, el alimento debe ser relativamente grueso y con baja cantidad de finos. Se aplican potencias de 2 a 225 Kw, para obtener razones de reducción entre 4 y 9.

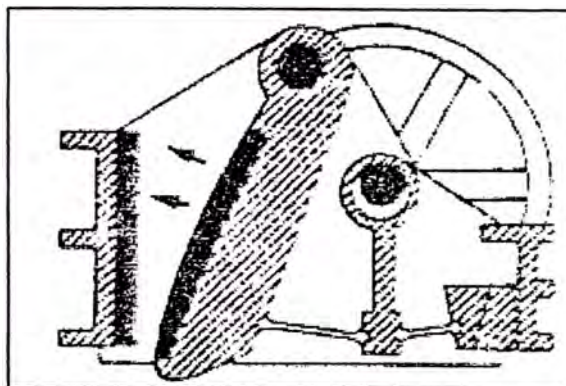


Figura 2.1 Trituradora de mandíbula tipo doble conexión articulada

### 2.2.2 Pivot elevado

Características similares a la de doble conexión articulada, sin embargo su diseño reduce el rozamiento contra las caras de la quebradora y el atascamiento, por lo que la velocidad de trituración es mayor y la eficiencia de la energía aplicada para la desintegración es mayor. La razón de reducción que se puede lograr está entre 4 y 9, la potencia aplicada para la fractura es del orden de 11 a 150 kW.

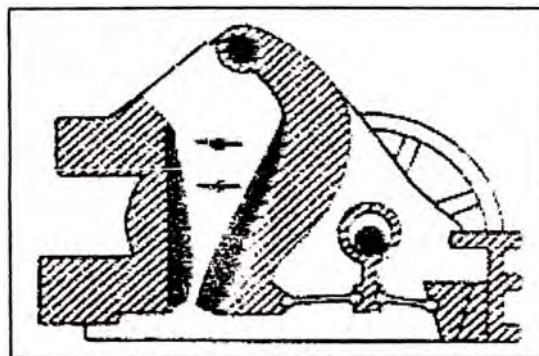


Figura 2.2 Trituradora de mandíbula tipo pivot elevado

### 2.2.3 Excéntrico elevado

Su diseño disminuye el atascamiento tanto a la entrada como a la salida de material, por lo tanto la velocidad a la cual se lleva a cabo el proceso de desintegración es mayor.

El desgaste de las caras de trituración es alto, así como los daños por fatiga del material. Tiene bajo aprovechamiento de la energía aplicada y no es muy útil para la desintegración de rocas duras y abrasivas. La potencia aplicada oscila entre 2 y 400 kW, para obtener razón de reducción entre 4 y 9.

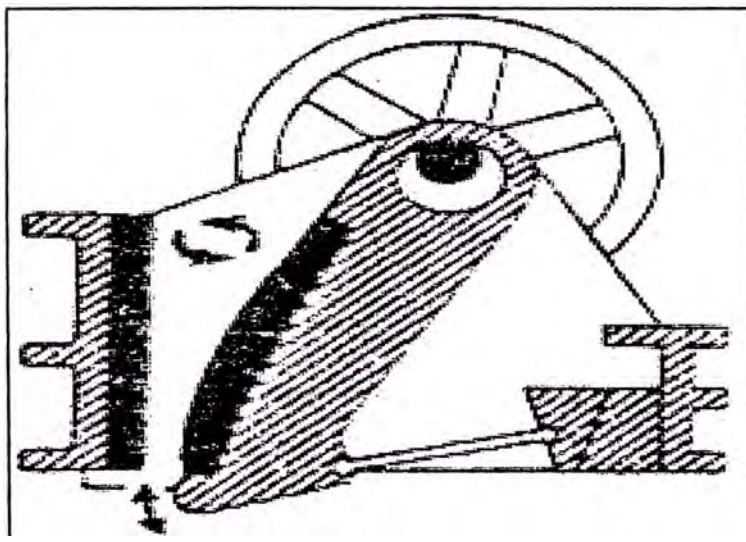


Figura 2.3 Trituradora de mandíbula tipo excéntrico elevado

### 2.2.4 Trituradora Dogge

Su uso se limita a laboratorio, por cuanto no es muy útil para la desintegración de rocas de gran tamaño, por el atascamiento que presenta. Se requiere de la aplicación de potencias de 2 a 11 kW, para lograr razón de reducción entre 4 y 9.

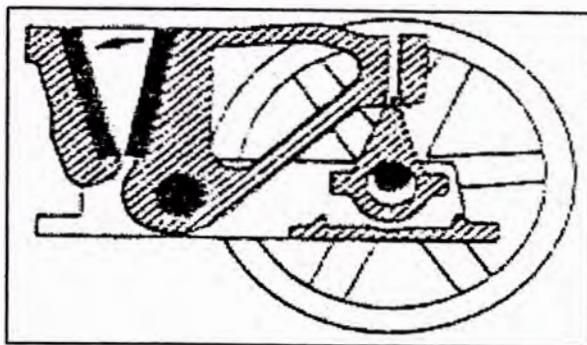


Figura 2.4 Trituradora de mandíbula tipo dogge

### 2.3 DISEÑO DE EQUIPOS DE TRITURACIÓN

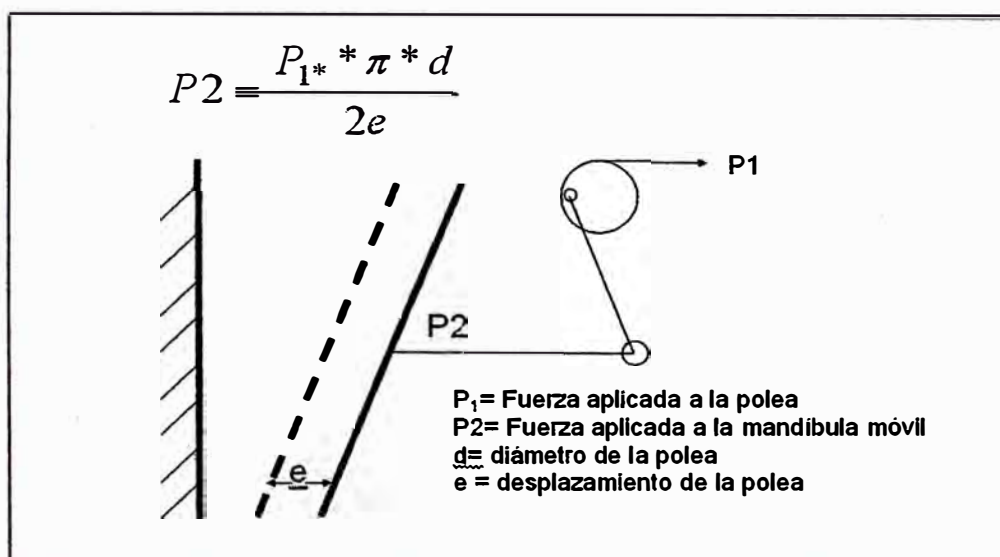


Figura 2.5 Diagrama de esfuerzos

#### 2.3.1 Consumo energético por tonelada de mineral triturado

Los costos de energía representan el gasto principal en trituración y molienda, por eso las variables que controlan estos costos son importantes. Para el cálculo del consumo de energía se emplean las siguientes relaciones:

$$P = \frac{V * i * \sqrt{3} * \cos \phi}{1000} \quad (7)$$



$$W = \frac{P}{Ton} \quad (8)$$

P= Energía realmente suministrada

W= Consumo de energía (KW\*hr / Ton)

V= Voltaje suministrado al motor, se toma de la placa.

i= Amperaje realmente suministrado al motor. Se determina midiendo el amperaje de los tres conductores y obteniendo un promedio.

$\sqrt{3}$  = Factor de corrección en estrella del motor trifásico

$\text{Cos}\phi$  = Factor de potencia

1000 = Factor de conversión de Watts a KW

### 2.3.2 Cálculo de capacidad de la Chancadora de mandíbulas

El cálculo está dado por las relaciones geométricas establecidas en

la siguiente ecuación:

$$T = 0.6 * L * S$$

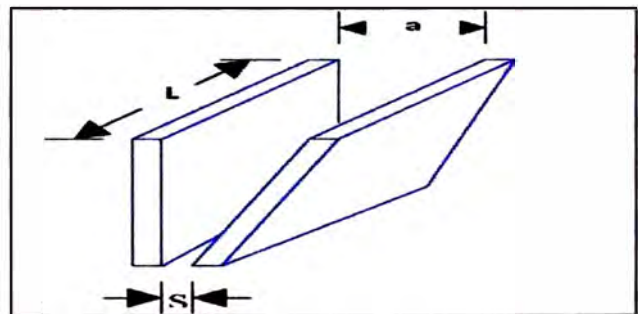


Figura 2.6 diagrama de boca de chancado

Dónde:

T = Capacidad de la chancadora en T/hr.

L= Longitud de la chancadora en pulgada.

S= Abertura de regulación de descarga en cm.

Pero podemos obtener las siguientes expresiones:

$$A = L \times a \text{ de donde } L = A / a$$

$$R = a / S \text{ de donde } S = a / R$$

Dónde:

R = Grado de reducción

A = Área de la abertura de la boca de la chancadora en  $\text{cm}^2$ .

a = Ancho de la boca de la chancadora en cm.

Considerando condiciones de operación como: dureza, humedad, rugosidad.

La fórmula se convierte en:

$$TR = K_C * K_m * K_f * T \quad (9)$$

Dónde: TR = Capacidad en T / hr.

Kc = Factor de dureza, Puede variar de 1,0 a 0,65

Dolomita = 1,0 cuarzita = 0.80

Andesita = 0,9 riolita = 0.80

Granito = 0,9 basalto = 0.75

Para una operación normal de dureza media:

$$K_c = 0.90$$

Km = Factor de humedad:

Para chancadora primaria no es afectada severamente por la humedad y

$$K_m = 1.0$$

### 2.3.3 Cálculo del ángulo de chancado

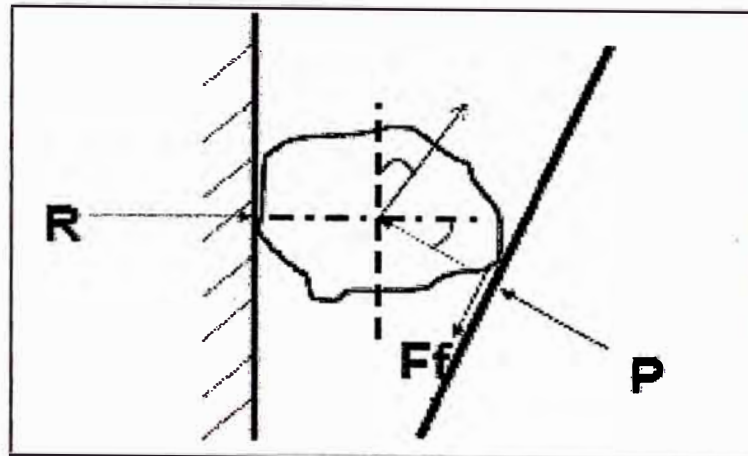


Figura 2.15 Diagrama de esfuerzos que forman el ángulo de chancado

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = R - P_x - F_f$$

$$R - P \cos \alpha - \mu P' \sin \alpha = 0$$

$$\sum F_y = \mu R + \mu P' \cos \alpha - P \sin \alpha = 0 \quad (10)$$

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \mu \quad (11)$$

$$\tan \alpha = \frac{-2 * \mu}{\mu^2 - 1} \quad (12)$$

Si  $\alpha/2 > \mu$

$\alpha$ , es el ángulo de chancado

P, es la fuerza aplicado para triturar el material

Ff, es la fuerza de rozamiento

R, es la fuerza de reacción

U y P', son constantes

La partícula será expulsada y por lo tanto no será triturada.

$$\text{Ctg}\alpha = \frac{L}{b-S} \quad (13)$$

L debe ser mayor cuanto menor sea s, para evitar el riesgo de que la partícula no sea triturada.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE TRITURACIÓN**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN LÍNEA DE TRITURACIÓN**

La planta de trituración en este proyecto, consta 4 líneas de producción, las cuales son:

- Línea de trituración PETTIBONE, que está formando por:
  - 01 Chancadora primaria de mandíbulas 16"x24".
  - 01 Alimentador vibratorio TRIO de 200 ton/hr.
  - 02 Fajas transportadoras.
  
- Línea de trituración CEDARAPID, que está formando por:
  - 01 Chancadora primaria de mandíbulas 30"x42".
  - 01 Alimentador vibratorio TRIO de 300 ton/hr.
  - 01 zaranda Vibratoria 7"x20'.
  - 01 Chancadora secundaria tipo Cónica H-4000.
  - 08 Fajas transportadoras.
  
- Línea de trituración TRIO, que está formando por:
  - 01 Chancadora primaria de mandíbulas 30"x42".
  - 01 Alimentador vibratorio TRIO de 300 ton/hr.
  - 01 zaranda Vibratoria 7"x20'.

- 04 Fajas transportadoras.
- Línea de trituración C80, que está formando por:
  - 01 Chancadora primaria de mandíbulas 16"x24".
  - 01 Alimentador vibratorio TRIO de 200 ton/hr.
  - 03 Fajas transportadoras.

### 3.2 LAYOUT DE LAS CUATRO LÍNEAS DE TRITURACIÓN

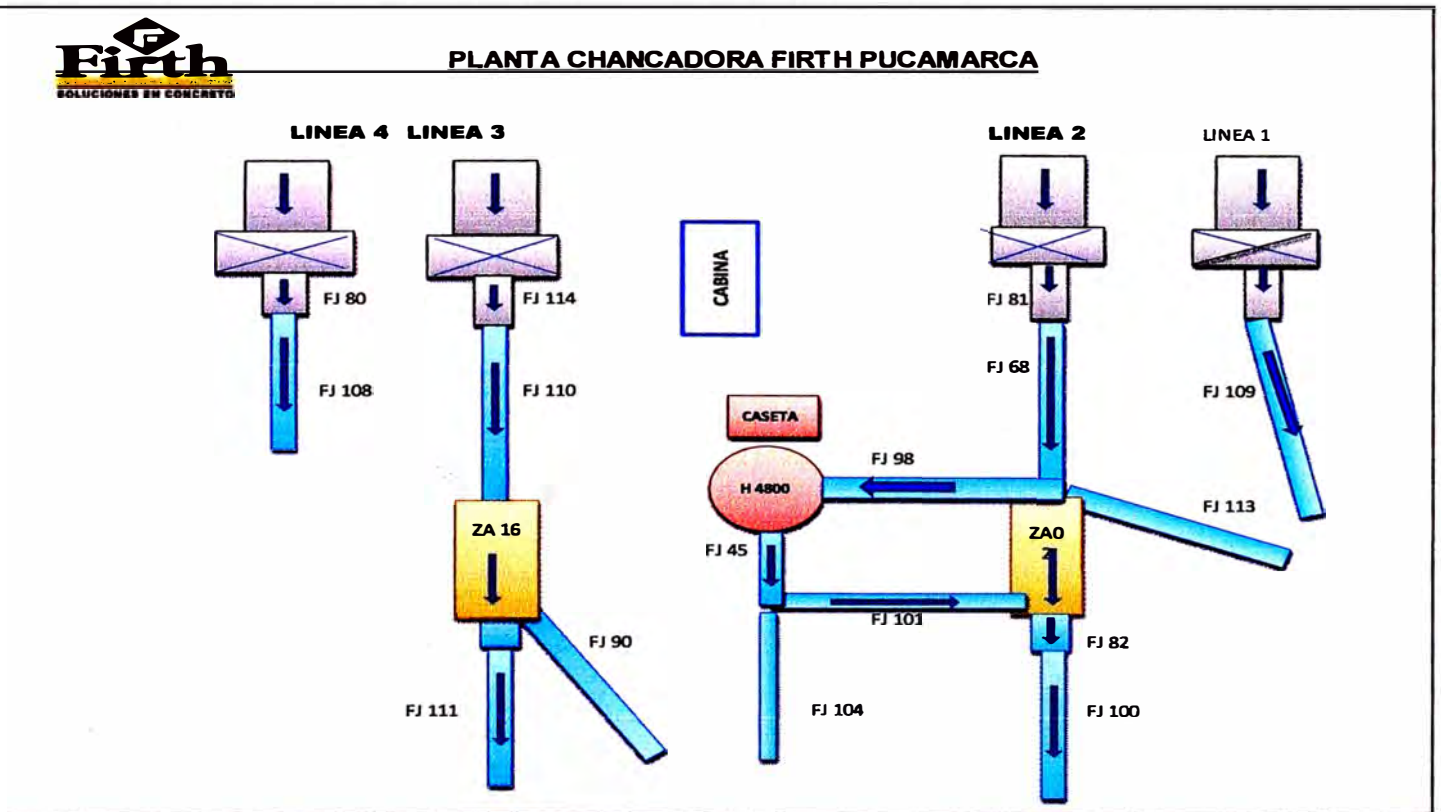


Figura 3.1 Layout planta de chancado Pucamarca



### 3.2.1 Imagen de la línea de trituración PETTIBONE



Figura 3.2 Línea de chancado P Pettibone



### 3.2.2 Imagen de la línea de trituración CEDARAPID

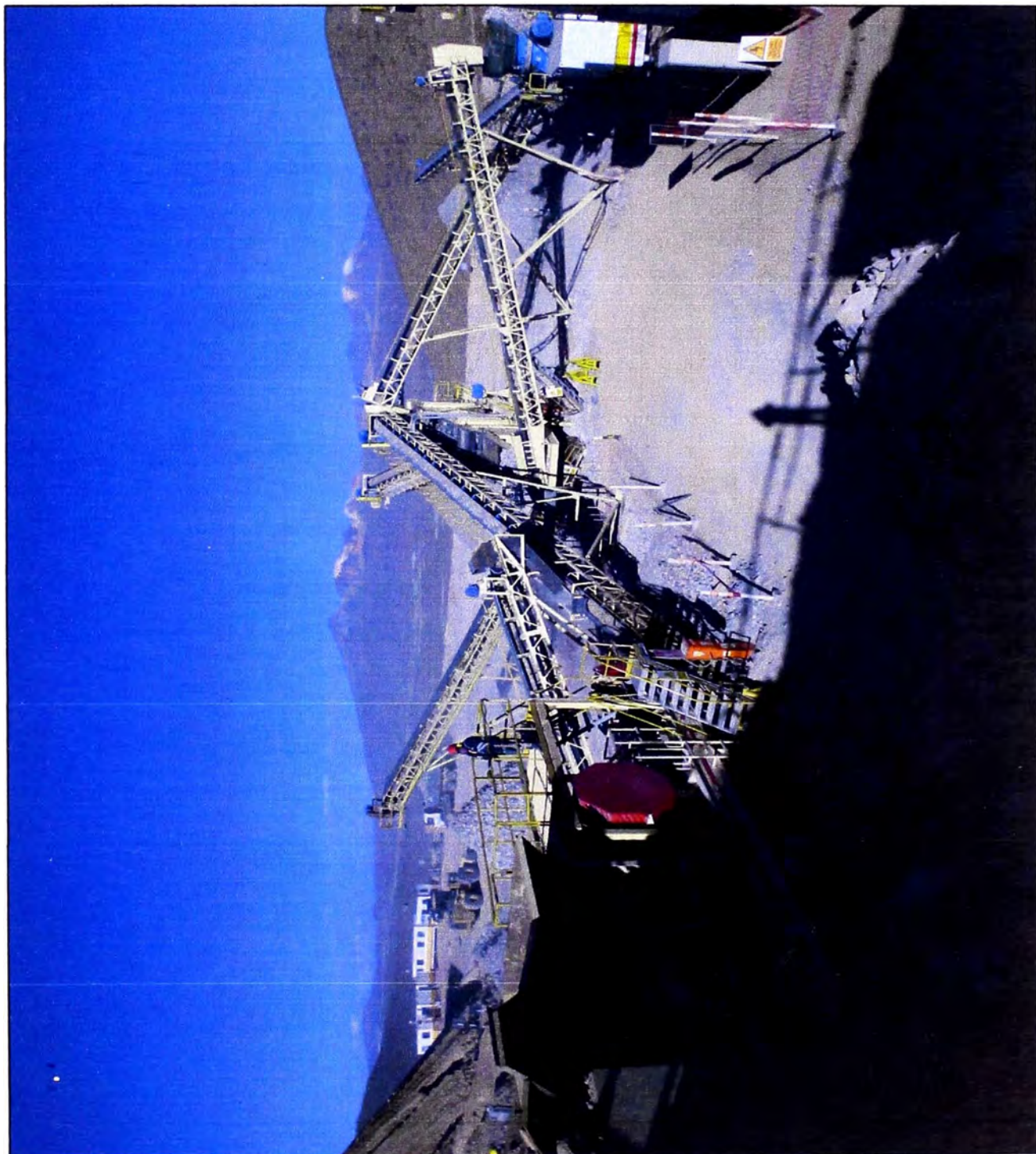


Figura 3.3 Línea de chancado CEDARAPID



### 3.2.3 Imagen de la línea de trituración TRIO

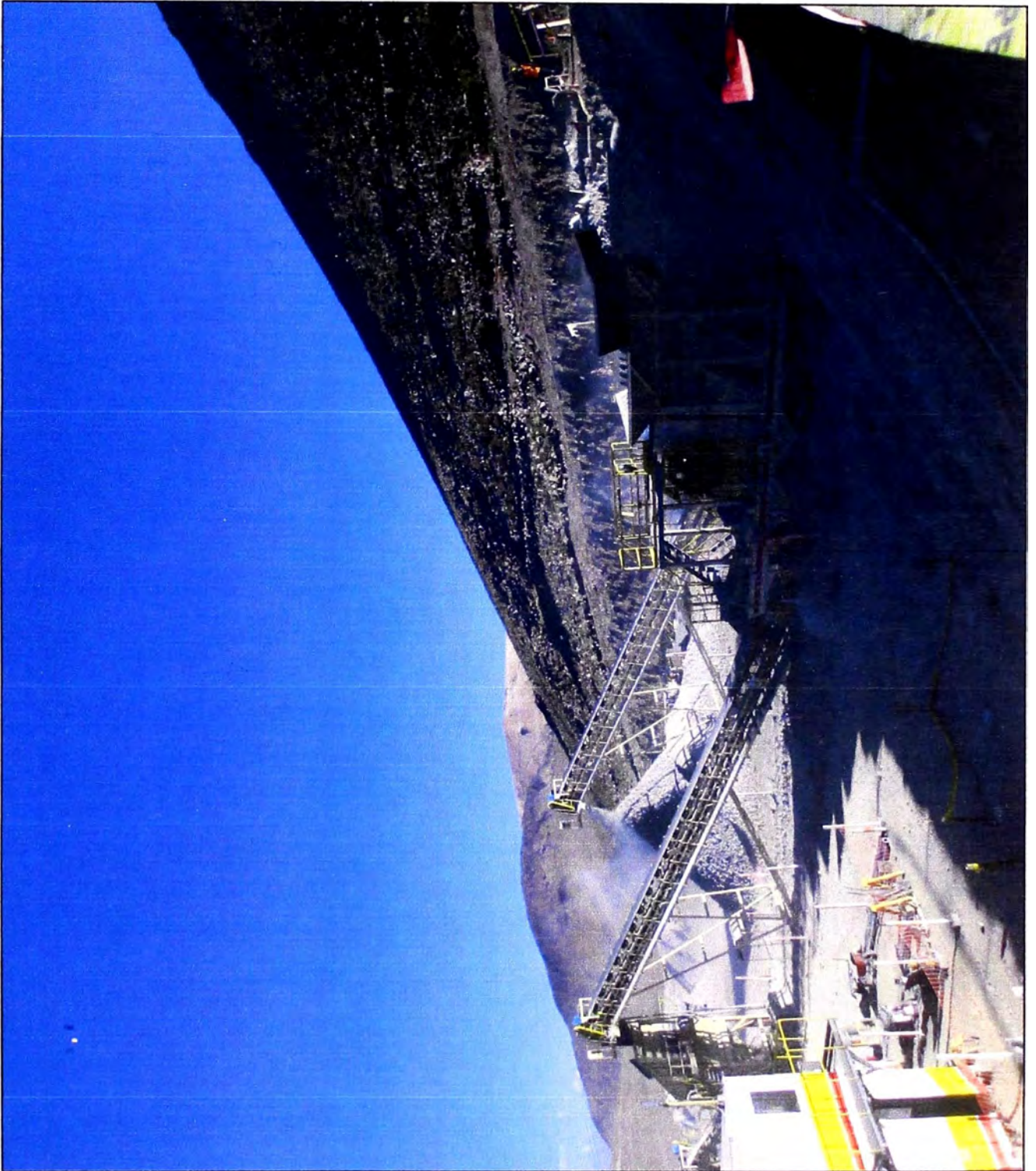


Figura 3.4 Línea de chancado TRIO



### 3.2.4 Imagen de la línea de trituración C-80



Figura 3.5 Línea de chancado C80



### 3.2.5 Imagen panorámica de las cuatro líneas de trituración

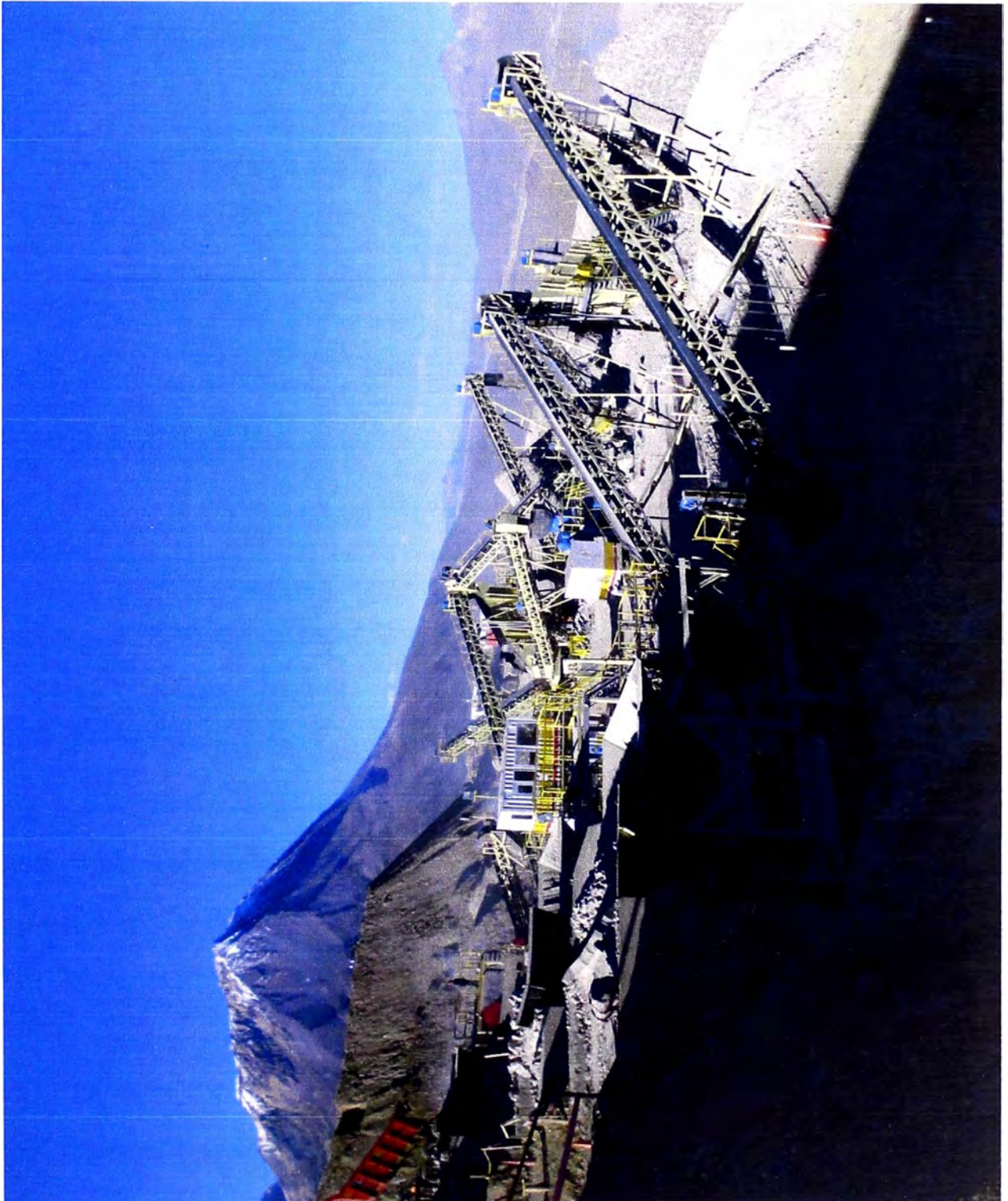


Figura 3.6 Imagen panorámica de las cuatro líneas de chancado

### 3.3 LISTADO DE EQUIPOS QUE SE INSTALARON

Listado de equipos que se instalaron en el proyecto se muestra en la tabla 3.1, el cual se muestra líneas abajo.

Tabla 3.1

Equipos	Cantidad	Marca	Dimensiones	Año de fabricación	Propietario
Conjunto Chancado Primario	01	Metso	20"X36"	1996	Firth
Conjunto Chancado Primario	01	Trio	30"X42"	2008	Firth
Conjunto Chancado Primario	01	Cedarapid	30"X42"	2003	Firth
Conjunto Chancado Primario	01	Pettibone	20"X36"	-	SMCG
Chancadora secundaria CH440	01	Sandvik	5'	2008	Firth
Zaranda Vibratoria 3 niveles	01	Metso	7'X20'	2006	Firth
Zaranda Vibratoria 3 niveles	01	Allis	7'X16'	2000	Firth
Fajas Transportadoas	17	Varios		2006	Firth
Tablero electrico centralizado	01	Varios			Firth

### 3.4 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE CHANCADO

#### 3.4.1 Antes de la Operación

El Jefe de Operaciones y/o Supervisor de turno y el operador de la chancadora coordinaran los trabajos de producción del turno, antes del inicio de la operación de la planta, realizarán la revisión de los equipos, herramientas y materiales a ser empleados, así como en la inspección del área de trabajo, a su vez se verificará lo siguiente:

- Niveles de agua, aceite y combustible en el grupo electrógeno.
- Se verificará el buen estado de funcionamiento de los extintores.
- Desgaste de cables y mangueras en el grupo electrógeno, lubricador de aceite, chancadora, zaranda, tanque de combustible, etc.
- Se verificará obstrucciones de las zonas de ventilación de la casa fuerza.

- Se asegurará que el trabajador cuente con todo el EPP (equipo de protección personal) apropiado para la operación.
- Se realizará el engrase del sistema de rodamiento y partes móviles de las Chancadoras.
- Se realizará el engrase del sistema de rodamiento del castillo de las fajas de alimentación, de retorno y de descarga.
- Se asegurará que el área de alimentación de la tolva se encuentre libre de escombros.
- Se retirará el material residual en las zonas de descarga de las fajas de descarga.
- Se realizará diariamente la inspección de desgaste de las mallas.
- Se realizará la inspección de desgaste de polines.
- Se realizará la inspección de desgaste de rodajes.
- Se realizará la inspección de desgaste de las fajas de alimentación, retorno y de descarga.
- Se realizará la inspección de desgaste de las fajas de transmisión.
- Se realizará la inspección de desgaste de piñones y cadenas.
- Se inspeccionará las paradas de emergencia si se encuentran activas.
- Se aplicará en todo momento el procedimiento de bloqueo y etiquetado, durante las actividades de mantenimiento.
- Uso de bandejas de contención contra derrames.
- Se utilizará únicamente los accesos definidos para acceder a las partes a inspeccionar de la planta chancadora.
- El personal no usará prendas sueltas durante los trabajos en la planta chancadora.

### **3.4.2 Inicio de la Operación**

#### **3.4.2.1 Rutas de acceso y desplazamiento dentro de la planta de chancado.**

- Desde la zona de oficina y taller de maestranza, tendremos dos (02) rutas de acceso principales hacia la Planta
- Una vez dentro del área de planta, encontraremos rutas alternas de desplazamiento, tanto en las chancadoras primaria y secundaria, zarandas, fajas transportadoras y cabina de mando central.
- Estará totalmente prohibida la circulación de personal cerca del área de las tolvas de recepción del material de las chancadoras primarias y secundaria, fajas transportadoras así como de las zarandas; en momentos previos al inicio de operación de la planta.
- Las rutas de desplazamiento serán en todo momento respetados por todo el personal que labora en Planta.

#### **3.4.2.2 Encendido del grupo electrógeno.**

- Abrir el contacto del grupo electrógeno en primera posición.
- Verificar las luces del sistema de seguridad del grupo electrógeno.
- Abrir contacto en segunda posición.
- Colocar interruptor termo magnético en posición activado.
- Uso de EPP dieléctrico y protectores auditivos, además de los otros equipos de protección personal que corresponden.

#### **3.4.2.3 Operación en cabina de control.**

- Colocar el interruptor termo magnético del tablero en posición activado.

- Verificar el encendido de luces del tablero de las chancadoras.
- Encender el pre calentador de aceite hasta alcanzar la temperatura adecuada.
- Encender la bomba de aceite, verificar la presión.
- Asegurar que el área se encuentre libre de personal.

#### **3.4.2.4 Secuencia de arranque.**

- Arranque de chancadora secundaria CH440.
- Arranque de chancadora primaria CEDARAPID.
- Arranque de chancadora primaria PETTIBONE.
- Arranque de las zarandas.
- Arranque de las fajas transportadoras.
- Arranque de los alimentadores de las chancadoras primarias.

#### **3.4.2.5 Inicio de producción**

- Realizar el carguío de material de acopio y/o cantera a los volquetes por el lado visible.
- Mantener y acondicionar el área de descarga de los volquetes, libre de materiales residuales y asegurar una plataforma estable.
- En caso de descarga directa del volquete en la tolva de alimentación, se debe contar obligatoriamente con la guía de una persona para que el volquete acceda por la rampa.
- Durante el proceso será necesario retirar la basura y/o metales que viene junto con el material de cantera, esta actividad se realizará en los puntos con barreras de protección ubicadas en las faja de alimentación y de retorno y en los puntos de detección de metales.



- Se realizará continuamente el carguío y acumulación de cada uno de los materiales procesados.
- No existirá ningún personal dentro de la zona delimitada para la maniobra del cargador frontal.
- Se aplicará el procedimiento de protección de partes móviles, no se retirará dicha protección salvo autorización de la supervisión.
- Los trabajos en altura que requieran subir a una altura mayor a 1.80m., deberán usar el arnés y la línea de vida correspondiente.
- Se utilizará únicamente los accesos definidos y establecidos para acceder a las partes de la Planta que requiera alguna inspección.
- Aplicar los tres puntos de apoyo al subir las escaleras, así mismo usar un cinturón porta herramientas para evitar la caída de los mismos.
- En el desatoro de los polines utilizar martillos de 0.30m de longitud y solo se desatorarán los polines parando la planta.
- Queda completamente prohibido el ingreso de personas hacia la zona de caída de material de la tolva de alimentación.
- Queda completamente prohibido que el personal esté caminando en momentos que la planta esté en operación a excepción de que se cuente con túneles de tránsito para el personal.

#### **3.4.2.6 Paradas de Emergencia**

- Existen las paradas de emergencia en las chancadoras (primarias y secundarias), zarandas y fajas transportadoras.



### **3.4.2.7 Desatoro de chancadora secundaria CH440.**

De producirse un atascamiento o atoro en la chancadora secundaria, debemos parar inmediatamente el funcionamiento de la faja de alimentación de piedra a la chancadora secundaria. Abrir forros totalmente con el fin de que la piedra atascada caiga, si no fuera así usar el sistema Hidráulico para bajar el eje de la chancadora y permita abrirse más y dejar caer el material atascado, En el caso que no se desatore, se aplicara el procedimiento manual, el cual es el siguiente:

- Se bloqueará y etiquetará de acuerdo al procedimiento de bloqueo y etiquetado.
- El operador con su arnés puesto subirá a la tolva de alimentación y se asegurara de conectar su línea de vida en un punto fijo, no en la baranda, luego se posicionará en la parte interna de la tolva y con la ayuda de una herramienta adecuada (barreta) procederá a desatorar.
- Otro operador estará paralelamente en el piso ubicado junto al Panel de control del sistema hidráulico de la chancadora, este coordinará con el operador que está en la tolva de la chancadora para subir y bajar la cámara de trituración y de esta manera permita que caiga y desatore la piedra atascada.
- Este proceso es lento ya que las piedras las piedras caen lentamente hasta que quede libre la cámara de trituración y el operador proceda a retirarse (desenganchando su línea de vida, baje hasta la cabina de control y desbloquee la fuente de energía) dejando todo listo para reiniciar el funcionamiento de la Chancadora.

#### **3.4.2.8 Desatoro de chancadora primaria.**

De producirse un atascamiento o atoro en algunas de las chancadoras primarias, se paralizara inmediatamente el funcionamiento del alimentador de piedra a la chancadora, luego se aplicara el siguiente procedimiento:

- El operador mediante un mando manual ubicado en la plataforma de la chancadora presionara el pulsador de parada de emergencia, esperando que la cámara de trituración cese en su movimiento.
- Se colocará el candado y etiquetado en la fuente de energía de la chancadora, de acuerdo a lo estipulado en el procedimiento de bloqueo y etiquetado.
- Se procederá a evaluar las condiciones del atascamiento, para proceder al retiro del material acuñaado; ya sea mediante una eslinga o un perno de expansión.
- Se procederá al retiro del material con el apoyo de un tecla de arrastre y/o cargador frontal.
- Culminando con el proceso, se procederá con la puesta en marcha en coordinación con el operador de planta previo desbloqueo en la parada de emergencia ubicada en la plataforma de la chancadora primaria.

#### **3.4.2.9 Detector de metales**

- El dispositivo detector de metales se ubica en las fajas que alimentan a la chancadora secundaria CH440.
- El dispositivo, al detectar un elemento metálico, activa la sirena y cierra el circuito que hace que se detengan las fajas que alimentan

la chancadora secundaria.

- Luego se procede al bloqueo y etiquetado.
- Al llegar a la faja transportadora y con la ayuda de una barretilla se procede a buscar el elemento metálico.
- Retiro del personal de la zona, conjuntamente con el elemento(s) metálico(s).
- Desbloqueo de los tableros eléctricos para el reinicio de operación.
- Para el reinicio y/o inicio de la operación, será necesario seguir los pasos descritos en el procedimiento para la operación de la planta.

#### **3.4.2.10 Sobrecarga en las fajas transportadoras.**

- Al haber un aumento de carga (peso) en las fajas transportadoras, estas se detienen por medio de un relé térmico acoplado en los tableros de los motores eléctricos.
- Se procede al bloqueo de la fuente de energía (tablero eléctrico) para garantizar el trabajo de rutina.
- Se procede a llegar a la zona indicada para iniciar la extracción del material excedente, tanto en la bandeja de recepción, como en la faja transportadora, para aminorar la carga y reiniciar la operación.
- Retirar al personal fuera del área con sus respectivas herramientas.
- Desbloqueo de los tableros eléctricos para el reinicio de Operación.
- Probar sola esa faja para verificar si arranca con la carga restante en ella, de ser así, prepararse para reiniciar la planta.
- Para el reinicio y/o inicio de operación, será necesario seguir los pasos ya descritos.

#### **3.4.2.11 Sobrecarga en las zarandas.**

- Al haber un aumento de carga (peso) en las zarandas, estas se detienen por medio de un relé térmico acoplado en los tableros de los motores eléctricos.
- Suele ocurrir porque el material ingresante es de mayor tamaño que la abertura de las mallas de la zaranda, o simplemente porque la carga proporcionada supera la capacidad de la zaranda.
- Se procede al bloqueo de la fuente de energía (tablero eléctrico) para garantizar el trabajo de rutina, de acuerdo al Procedimiento de bloqueo y etiquetado.
- Se procede a llegar a la zona indicada y se inicia el ascenso por las escalinatas de la zaranda hasta llegar al nivel con las herramientas de mano se procede a liberar la carga acumulada en el nivel de la zaranda, observando que con el material restante arranque el motor.
- Retirar al personal fuera del área con sus respectivas herramientas.
- Desbloqueo de los tableros eléctricos para el reinicio de Operación.
- Probar la zaranda para verificar si arranca con la carga restante en ella, de ser así, prepararse para reiniciar la Planta.
- Para el reinicio y/o inicio de operación, será necesario seguir los pasos ya descritos.

#### **3.4.2.12 Limpieza de nivel de finos en zaranda.**

- Para este tipo de trabajo, se tiene un proceso que hacer una inspección visual según cronograma, por el cual podremos determinar si es que se ha tapado y optar por hacer la limpieza.

- Si observamos y reportamos la acumulación de material en nivel de finos, se procederá a programar y realizar la limpieza.
- Se procede al bloqueo de la fuente de energía de acuerdo al Procedimiento de bloqueo y etiquetado.
- Se procede a llegar a la zona indicada y se inicia el ascenso por las escalinatas de la Zaranda hasta llegar al nivel de finos.
- Con las herramientas de mano se procede a limpiar la carga acumulada en el nivel de finos de la Zaranda.
- Retirar al personal fuera del área con sus respectivas herramientas.
- Desbloqueo de los tableros eléctricos para el reinicio de operación.
- Inspeccionar el área para poder arrancar la planta.
- Para el reinicio y/o inicio de operación, será necesario seguir los pasos ya descritos.

#### **3.4.2.13 Finalización de operaciones.**

- Para la paralización de planta, será necesario realizar el mismo procedimiento de arranque, con la diferencia que se empezará desde el último paso.
- Después de parar la planta, aplicar el bloqueo de energía en los tableros de control y del grupo electrógeno, de acuerdo a lo establecido en el Procedimiento de bloqueo y etiquetado.
- Limpieza de material en la parrilla de tolva de alimentación.
- Limpiar la parrilla de material retenido y/o atascado.
- Limpiar la zona de caída de material de la tolva de alimentación.
- Limpiar material residual de las zonas debajo de las fajas transportadoras.

- Cerrar la cabina de control y la casa de fuerza antes de retirarse.
- Se debe cerrar el acceso a la tolva de alimentación con conos y cinta de peligro, para evitar que descarguen material.

## **CAPÍTULO IV**

# **REINGENIERÍA DE LA CHANCADORA PRIMARIA DE MANDÍBULAS**

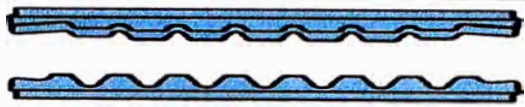

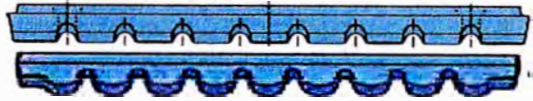



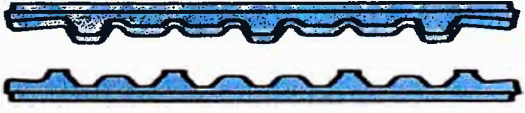
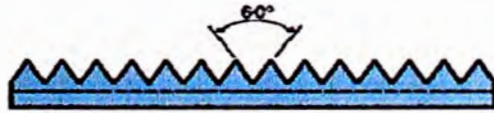
### **4.1 MODIFICACIÓN DEL PERFIL DE CHANCADO**

#### **4.1.1 Perfil de las mandíbulas de trituración**

La cámara de trituración está formada por una mandíbula fija (lado del bastidor) y una mandíbula móvil (lado de la biela). Las mandíbulas pueden ser enterizas o no, dependiendo del tamaño y diseño de la trituradora. Sus perfiles longitudinales han sido proyectados teniendo en cuenta la mejor combinación del ángulo de trituración, perfiles diferenciados de desgaste entre la mandíbula fija y la móvil, maximizando la productividad de la trituradora, así como proporcionando el mejor aprovechamiento del material de desgaste. Es importante tener perfiles transversales similares para las piezas usadas (mandíbulas fija y móvil), de manera que se pueda obtener la combinación correcta para evitar esfuerzos perjudiciales para los equipos y con ello lograr la mejor calidad de producto.

A continuación, se presentan los principales perfiles transversales y sus características.

Tabla 4.1 principales perfiles transversales y sus características

Perfiles de mandíbulas	Panel fotografico
<p>Perfil estándar, Indicado para trituración de roca y grava, larga vida útil, requisitos de potencia y esfuerzos de trituración bien equilibrados.</p>	
<p>Perfil reciclaje, Indicado para hormigón, materiales finos pasan fácilmente a través de la cavidad a lo largo de las ranuras largas.</p>	
<p>Perfil de cantera, Indicado para trituración de roca volada en canteras. Los dientes llanos tienen mejor rendimiento con materiales abrasivos (más material de desgaste en los dientes). Causa grandes esfuerzos y aumenta los requisitos de potencia.</p>	
<p>Perfil súper dientes, Indicado para utilización general siendo una buena opción especialmente para trituración de grava. La gran masa y diseño especial de los dientes proporcionan una larga vida útil y hacen que los materiales finos fluyan hacia la cavidad a lo largo de las ranuras sin desgastar los dientes.</p>	
<p>Perfil wide tooth (dientes anchos), Perfiles transversales robustos. Gran cantidad de material de desgaste. Alto aprovechamiento del material de desgaste. Producción excelente. Recomendado para material abrasivo con detritos y/o finos en la alimentación.</p>	
<p>Perfil ondulado, Dientes redondeados. Alta producción. Gran cantidad de material de desgaste. Alto aprovechamiento en peso. Recomendado para alimentación con detritos y/o finos.</p>	
<p>Perfil diente grueso, Perfil dentado triangular 90°. Reduce parcialmente las lajas. Recomendado para reglajes pequeñas y medias.</p>	
<p>Perfil diente fino, Perfil dentado triangular 60°. Reduce parcialmente las lajas. Recomendado para reglajes pequeñas. Aplicable a trituradoras de pequeño tamaño.</p>	



#### 4.1.2 Perfil de chancado inicial - junio 2011

##### 4.1.2.1 Perfil de cantera

- Indicado para trituración de roca volada en canteras.
- Los dientes llanos tienen mejor rendimiento con materiales abrasivos (más material de desgaste en el diente).
- Causa grandes esfuerzos y aumenta los requisitos de potencia.



Figura 4.1 Forro tipo perfil de cantera



Figura 4.2 Forro tipo perfil de cantera

#### **4.1.3 Modificación del perfil de chancado - septiembre 2011**

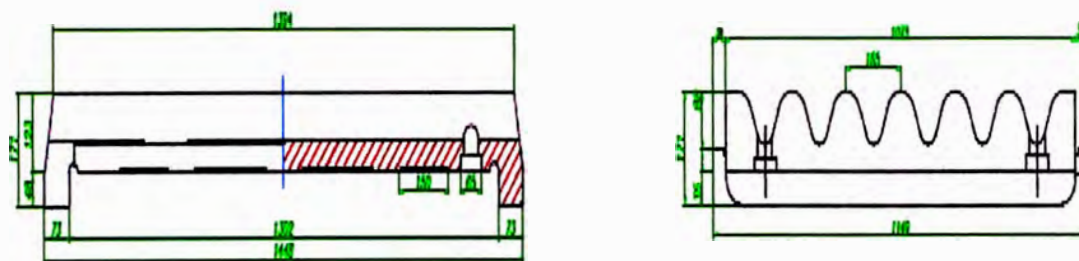
Se realizó una mezcla de dos perfiles, el perfil de reciclaje con el perfil ondulado, esto generó porque el material de cantera tenía un 40% debajo de 1" y la roca proveniente de la voladura era frágil y abrasiva.



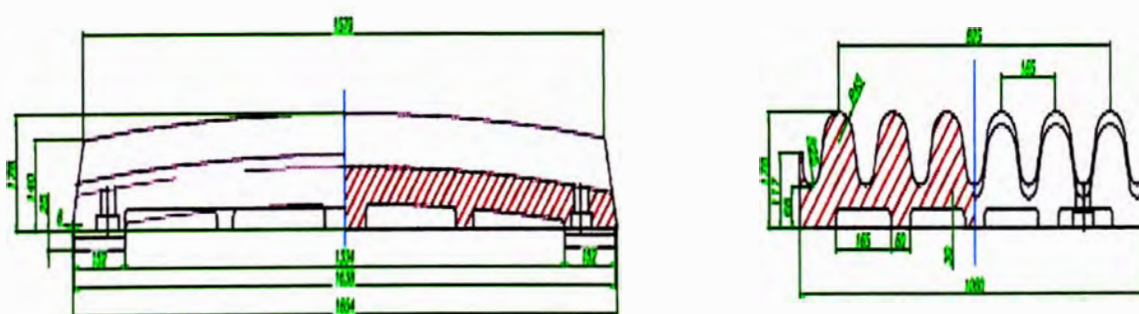
Figura 4.3 Nuevo perfil de chancado

## PERFILES DE MANDIBULAS DE CHANCADORA DE QUIJADA

### PERFIL DE MUELA FIJA CEDARAPID 30°X42°



### PERFIL DE MUELA MOVIL CEDARAPID 30°X42°



PROYECTO ACABADO Nro - 100	CHANCADORA DE QUIJADA CEDARAPID PERFIL DE MANDIBULAS	FARITH INDUSTRIES PERU S.A DEPARTAMENTO UNICAJAMA
FECHA	2024/04/10 - 2024/04/10	ESTADO DE AVANCE
ELABORADO	INGENIERO CARLOS BARRERA	VER
APROBADO	INGENIERO CARLOS BARRERA	VER
OTRO	OTRO	VER
OTRO	OTRO	VER

Figura 4.4 Plano de perfil modificado

## **4.2 MODIFICACIÓN DEL TIPO DE ALEACIÓN DEL PERFIL DE CHANCADO**

### **4.2.1 Desgaste**

El desgaste es un fenómeno por medio del cual pequeñas partículas de la superficie de trabajo de una pieza son removidas. El desgaste produce una disminución de las dimensiones de la pieza afectada. El desgaste se basa en la pérdida de material en forma gradual, las causas de desgaste son:

- Abrasión.
- Impacto.
- Fricción.
- Corrosión
- Calor (temperatura).
- Erosión.
- Cavitación.

#### **4.2.1.1 El desgaste por abrasión**

Es provocado por acción de partículas sólidas, duras, extrañas al material base cascajo, arcilla, arena y otros materiales sólidos no metálicos.

Existen tres tipos de abrasión:

- a) Abrasión con bajo esfuerzo, producido por partículas pequeñas que se deslizan libremente sobre una superficie a ángulo incidente bajo, y empleando presiones bajas.
- b) Abrasión de alto esfuerzo, producido por la molienda del abrasivo entre dos superficies metálicas.
- c) Abrasión por desgarramiento, esfuerzo Causado por partículas grandes que hacen impacto en la superficie de un metal a ángulos



grandes de incidencia. Las presiones ejercidas sobre la superficie son muy elevadas.

#### **4.2.2 Desgaste por impacto**

Es provocado por impactos cíclicos o repetidos. En contacto violento entre la pieza y un material extraño que puede ser metálico o no metálico. El impacto es un golpe que produce cambios en la estructura del metal base. La magnitud de las alteraciones depende de tamaño del elemento extraño y de la fuerza de golpe. El desgaste se produce por desprendimiento por fatiga o repetidos impactos.

#### **4.2.3 Desgaste por fricción**

Es el contacto deslizante o rodante de una superficie metálica a otra. Se desgasta la pieza de menor índice de dureza.

#### **4.2.4 Aceros de baja aleación, aceros al manganeso y hierros fundidos aleados**

##### **4.2.4.1 Aceros de baja aleación**

Son aleaciones de hierro-carbono y otros elementos aleantes. Aleaciones que tienen un costo moderado debido a que no contienen grandes cantidades de elementos aleantes. Dentro de este grupo se encuentra los aceros de baja aleación y alta resistencia (acero HSLA: HIGH-STRENGTH, LOW-ALLOY), estos aceros se emplean como acero estructural. En la fabricación de la estructura de máquinas, puentes y edificios.

#### **4.2.4.2 Aceros Austeníticos al Manganeso**

Son aceros tenaces resistentes al desgaste por impacto. Contiene como elemento aleante de 0,80% a 1,20% de carbono y de 12 a 14% de manganeso para conseguir la austemización completa se calienta el acero de 1000° a 1100°C y luego se enfría en agua. Se utiliza para la fabricación de bolas y placas de revestimiento de molinos y en cruces de vías de trenes.

#### **4.2.4.3 Fundiciones aleadas (NIHARD)**

Son fundiciones que contienen elementos aleantes destinados a modificar sus propiedades. Aumentan la dureza y resistencia a la abrasión los elementos aleantes son: Níquel, Cromo, Molibdeno, Silicio y Manganeso. El cromo, el manganeso y el Molibdeno forman carburos con el carbono.

#### **4.2.4.4 Producción de aceros de baja aleación, aceros al manganeso y hierros fundidos**

En la producción de acero y hierro fundido se emplea como materia prima fundamental arrabio y chatarra de acero y hierro fundido. El acero, en comparación con la fundición, contiene una cantidad menor de carbono e impurezas, los métodos actuales de obtención de acero son:

- Producción de acero en Convertidores L-D.
- Producción de acero en Hornos Siemens-Martin
- Producción de acero en Hornos Eléctricos y Hornos de Inducción.

Los métodos de producción de hierro fundido son:

- Horno Rotatorio
- Horno Cubilote
- Horno de Inducción

- Horno Eléctrico

#### 4.2.4.5 Composición química, propiedades mecánicas y Microestructura de aceros al Manganeso

Tabla 4.2 Composición química de los aceros al manganeso

% C	%Si	%Mn	%Cr	%Mb	%Ni	%P	%S
1.1- 1,2	0.4-1	11-14	0.8	0.8-1	0.5	0.5	0.5

#### Propiedades mecánicas

Dureza promedio: 190 HB – 230 HB (21RC)

Resistencia a la Tracción: 120,000 Lb/Pug2

Límite de fluencia: (84.4 Kg/mm<sup>2</sup>)

Elongación: 30%




Figura 4.5 Microestructura Austenita



Figura 4.6 Grano de Austenita

## 4.2.5 Cambio en las especificaciones de los materiales de los forros del equipo de chancado primario

### Especificaciones iniciales

 <b>FUNDICION CALLAO S.A.</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE MATERIAL</b>		<b>MAT.200.009</b>	
			Revisión	0
	<b>Aceros al manganeso FB - 7</b>		Página	1 de 2
			Fecha	26 / Marzo / 2003

**1. Alcances**

Este documento contiene las especificaciones técnicas para la fabricación de piezas fundidas en acero al manganeso FB-7, producidas por Fundición Callao S.A.

Las especificaciones de este material se aplican en la fabricación de piezas como quijadas de chancadora, mantle y bowl liner de chancadora giratoria, forros cóncavos, etc.

**2. Características**

Aleación de acero relevante para resistir condiciones severas de servicio, que combinan la abrasión y el impacto como las que se encuentran en las operaciones de chancado, trituración y molienda.

Después del tratamiento térmico, la dureza es del rango 200-240 HB; sin embargo cuando se pone en servicio y se somete a repetido impacto, la dureza aumenta (400-600 HB). Este aumento de dureza se debe a la capacidad de los aceros al manganeso para endurecerse con el trabajo rápidamente.

FUNCAL Standard: FB - 7

Referencia: ASTM A 128 C y desarrollo interno.

**Tabla 1: Composición química**

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Sn
Min	1.10	12.00	0.30			0.70			0.90	
Max	1.30	14.00	0.80	0.06	0.06	1.30	0.50	0.50	1.20	0.015

El Balance de carga se modifica en función de la pieza a fabricar.

**3. Propiedades Mecánicas**

Resistencia a la tracción (min)		Elongación (min, %)	Dureza (BHN)
psi	MPa		
110000	750	25	190 - 240

Estas propiedades se consiguen después del tratamiento térmico.

Figura 4.7 especificaciones iniciales




Este tipo de material incrementa su dureza al 200% cuando es sometido a impacto. Es decir que el equipo de chancado necesite una elevada potencia para poder triturar el material. El equipo de chancado tenía una potencia nominal de 200 HP y durante su operación llegaba a 100 HP, esto generaba que los forros no incrementen su dureza (al 100%), porque no estaban sometidos al impacto suficiente y como resultado final originaba que los forros generen un volumen de trituración menor al previsto.

Tabla 4.3 Duración obtenida con el perfil y aleación inicial

Muela fija		Muela móvil	
cambio de muela (m3)	Volteo de muela (m3)	cambio de muela(m3)	volteo de muela (m3)
19,000	10,000	9,000	4,500

### **Especificaciones finales**

Este tipo de material se caracteriza porque no necesita estar sometido a un elevado impacto para poder alcanzar su máxima dureza, esta propiedad lo obtiene por elevado porcentaje de cromo que tiene dentro de su composición química.

 <b>FUNDICION CALLAO S.A.</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE MATERIAL</b>				<b>MAT.600.004</b>					
					Revision		0			
	Pagina		1 de 2							
	<b>Hierro Blanco Alto Cromo FF7-C</b>				Fecha		05 / Abril / 2006			

**1. Alcances**

Este documento contiene las especificaciones técnicas que aplican para la producción de piezas fundidas en hierro blanco alto cromo FF7-C, producidas por Fundición Callao S.A.

Las especificaciones de este material se aplican en la fabricación de piezas como forros, cuñas y placas de molino, cóncavos, placas de desgaste, etc.

**2. Características**

Aleación con excepcionales características de resistencia al desgaste abrasivo, tanto en seco como en húmedo. Su dureza elevada lo hace ideal para condiciones de trabajo con muy bajo impacto.

Su reparación con soldadura y/o aplicación de calor, no es recomendable.

**FUNCAL Standard: FF7 - C**

Referencia: ASTM A 532 II A y desarrollo interno.

**Tabla 1: Composición química**

	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Sn
Min	1.20	0.45	0.50			12.00			0.60	
Max	1.50	0.75	0.80	0.06	0.06	13.50	0.30	0.30	0.80	0.015

El Balance de carga se modifica en función de la pieza a fabricar.

**3. Propiedades Mecánicas**

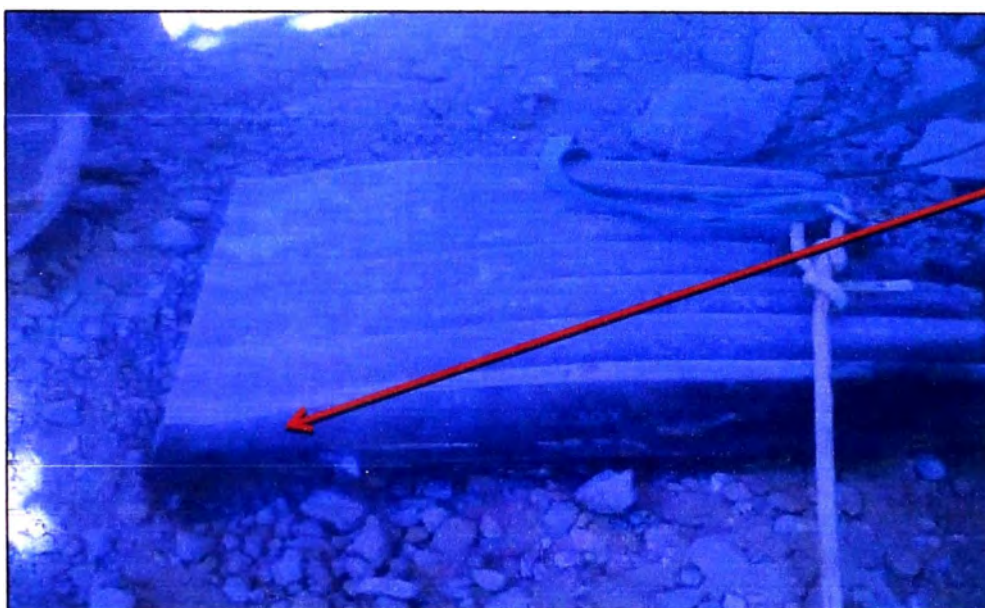
Resistencia a la tracción (min)		Elongación (min, %)	Dureza (BHN)
psi	MPa		
N/A	N/A	N/A	480 - 550

Estas propiedades se consiguen después del tratamiento técnico.

Figura 4.8 especificaciones finales

### 4.3 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El no poder controlar el sistema de alimentación, nos originaba un constante desabastecimiento de material en la boca de trituración, y esto generaba un desgaste inadecuado a los forros, motivo por el cual nos vimos en la necesidad controlar dicha alimentación de material.



Desgaste inadecuado de lo forro, debido a una pésima alimentación

Figura 4.9 desgaste inadecuado del forro

Alimentador vibratorio Trio, de la chancadora primaria CEDARAPID



Alimentador vibratorio Trio

Figura 4.10 Alimentador vibratorio TRIO

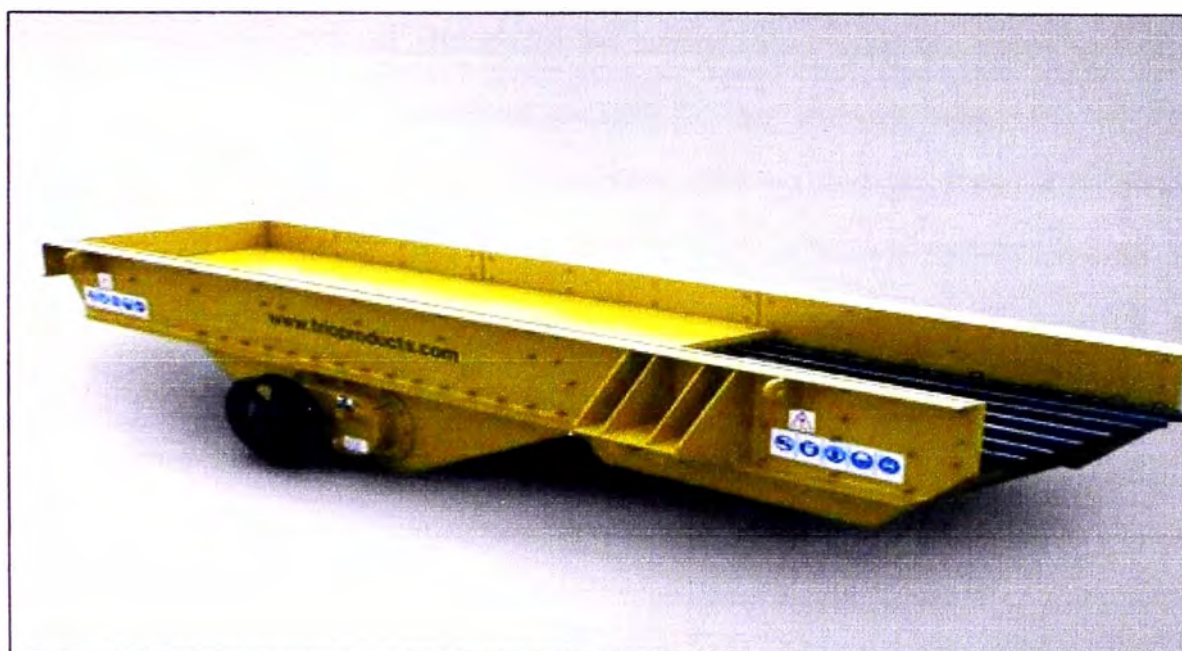


Figura 4.11 Alimentador vibratorio TRIO

#### 4.3.1 Sistema controlado del alimentador vibratorio, por un variador de velocidad

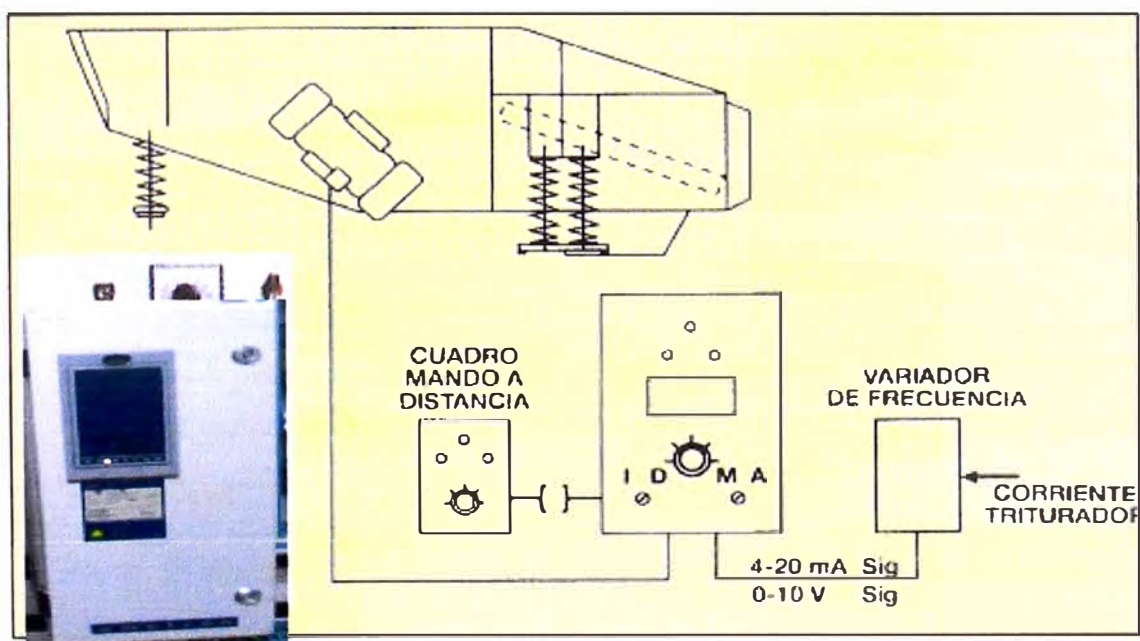


Figura 4.12 Esquema del sistema de alimentación con variador de velocidad



#### **4.3.2 Evaluación de cómo se incrementará la velocidad del motor eléctrico, cuando se cambie la frecuencia de trabajo**

El variador electrónico de velocidad acciona un motor jaula de ardilla y realiza su arranque y su parada de manera suave. Adicionalmente, varía de manera controlada la velocidad del motor. Mediante la variación de la frecuencia aplicada al motor se varía la velocidad del motor con base en la siguiente relación:

$$n_s = \frac{120 * f}{p} \quad (14)$$

P, número de polos

$n_s$ , es la velocidad sincrónica

f, es la frecuencia aplicada

Las cargas son clasificadas dependiendo del comportamiento de su torque en función de la velocidad. En general, tenemos el siguiente cuadro:

Tabla 4.4 Listado de carga respecto al torque

Torque constante	extrusoras, trefiladoras, compresoras, reciprocantes, bandas transportadoras
Torque lineal	Prensas, Calderas
Torque cuadrático	Bombas centrifugas y ventiladores
Torque hiperbólico	Maquinas bobinadas y desembobinadas
Torque indefinido	Mesas alimentadoras

El VF (variador de frecuencia) logra aplicar al motor frecuencias desde 0.1 Hz hasta 200 Hz sin mayor problema. En muchos procesos la limitación no es el drive, sino el motor, el sistema de transmisión o posiblemente el proceso mismo. Algunas cargas no soportarán el uso de variadores de velocidad en todo el rango de velocidad que el VF puede dar; en estos casos, es importante ver los detalles y tomar las precauciones adecuadas

(generalmente cambios mecánicos en equipo).

Datos de motor eléctrico del alimentador: tensión 400 VAC, potencia 25 hp, frecuencia 60 Hz y rpm 1765.

Finalmente se deduce que el motor del alimentador es de 4 polos. Y con esto se concluye que la velocidad depende del número de polos. La siguiente tabla contiene la velocidad de rotación del campo giratorio, velocidad de sincronización, correspondiente a las frecuencias de 50 HZ y 60 Hz y a la frecuencia de 100 Hz, en base al número de polos.

Tabla 4.5 Cuadro de velocidad del motor respecto la frecuencia

Numero de polos	Velocidad rotacion en rpm		
	50Hz	60Hz	100Hz
2	3000	3600	6000
4	1500	1800	3000
6	1000	1200	2000
8	750	900	1500
10	600	720	1200
12	500	600	1000
16	375	450	750

#### **4.3.3 Variador de velocidad seleccionado**

El variadores de velocidad Emotron VFX 2.0 optimiza el funcionamiento en grúas, trituradoras, molinos y mezcladoras. El Emotron VFX garantiza arranques y paradas eficaces que protegen sus equipos. Las intensidades de arranque más bajas reducen los gastos en fusibles, cables y energía. El par se puede reforzar para superar las cargas de pico iniciales.

El freno vectorial integrado garantiza paradas rápidas y controladas que aumentan la seguridad y la productividad. El control directo de par reacciona

con mucha rapidez y elimina las perturbaciones provocadas por los cambios abruptos de carga. Un limitador de par electrónico integrado y una función exclusiva de protección de la curva de par protegen el proceso detectando inmediatamente cualquier situación que pueda provocar ineficiencias o daños. Las advertencias tempranas y las paradas de seguridad permiten adoptar medidas preventivas.



Figura 4.13 Variador de velocidad



Figura 4.14 Datos técnico del variador de velocidad

#### 4.3.4 Plano de fuerza y control de la instalación del variador de velocidad

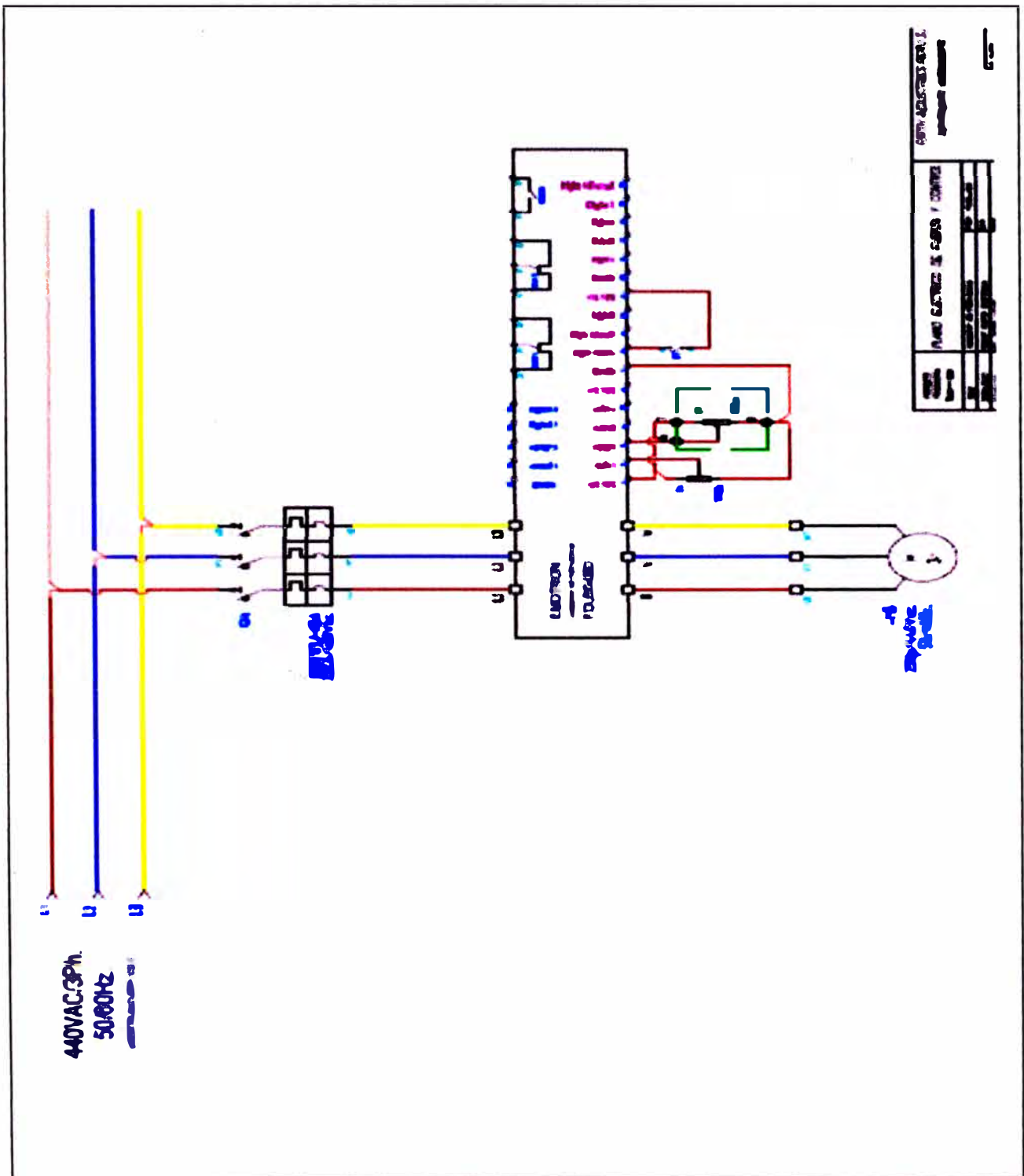


Figura 4.15 Plano de fuerza y mando, variador de velocidad



#### **4.4 MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE LA ABERTURA DE TRITURACIÓN**

Se tenía previsto regular la abertura de trituración cada 30 horas de operación, pero luego del lanzamiento de la planta, esta abertura se regulaba cada 8 horas de operación, lo cual generaba los siguientes problemas:

- El tiempo invertido en regular mecánicamente la abertura de trituración era de 1.5 a 2.5 horas.
- La probabilidad del trabajador en sufrir un accidente se triplicaba, debido al tiempo de exposición
- Las horas efectivas de trabajo se reducían de 2 a 4 horas por guardia y el previsto era 7 horas (debido a todos los problemas que se presentaban).

##### **4.4.1 Regulación de la abertura de trituración con un sistema mecánico**

Antes de iniciar trabajos se colocará el candado y etiqueta en la fuente de energía de la chancadora, luego medimos la abertura inferior entre mandíbulas fija y mandíbula móvil con el empleo de una wincha, para ello se debe ingresar al interior de la chancadora (salida del material de las mandíbulas), otra forma de medir el espaciamiento es empleando un calibrador amarrado a una soga, el trabajador se posiciona en la plataforma/baranda y de ahí mide el espaciamiento. De requerirse cerrar la abertura se da inicio al procedimiento de regulación de la abertura de trituración de la siguiente forma:

- Retirar guardas de protección de resortes tensores de pitman.
- Verificar la distancia del resorte tensor del pitman para su posterior montaje.

- desajustar los dos pernos tensores (pernos que ajustan resortes tensores del pitman), descomprimir resorte.
- con ayuda de la fuerza del teclé procedemos a engancharlo a la muela móvil (antes aseguramos toggle a una “señorita” para evitar su caída) para poderlo separarlo del asiento del pitman a la distancia requerida para la regulación.
- cuando se llega a la distancia requerida entre mandíbulas se procede a colocar una laina de medida acorde para la regulación deseada en la caja de asiento.
- luego procedemos al ajuste de los dos pernos tensores,
- colocar contratuerca verificando distancia de resorte tensor del pitman, con ayuda de una wincha, distancia que debe ser igual al medido inicialmente.
- posteriormente retiramos teclé y “señorita”.
- procedemos a ajustar la caja de asiento por los lados laterales de la chancadora con ayuda de perno, tuerca y respectivas llaves.
- finalmente colocamos la guarda.



Figura 4.16 Caja de regulación mecánica, donde se colocan las laines

#### 4.4.2 Partes de la chancadora que se involucran en el sistema de regulación

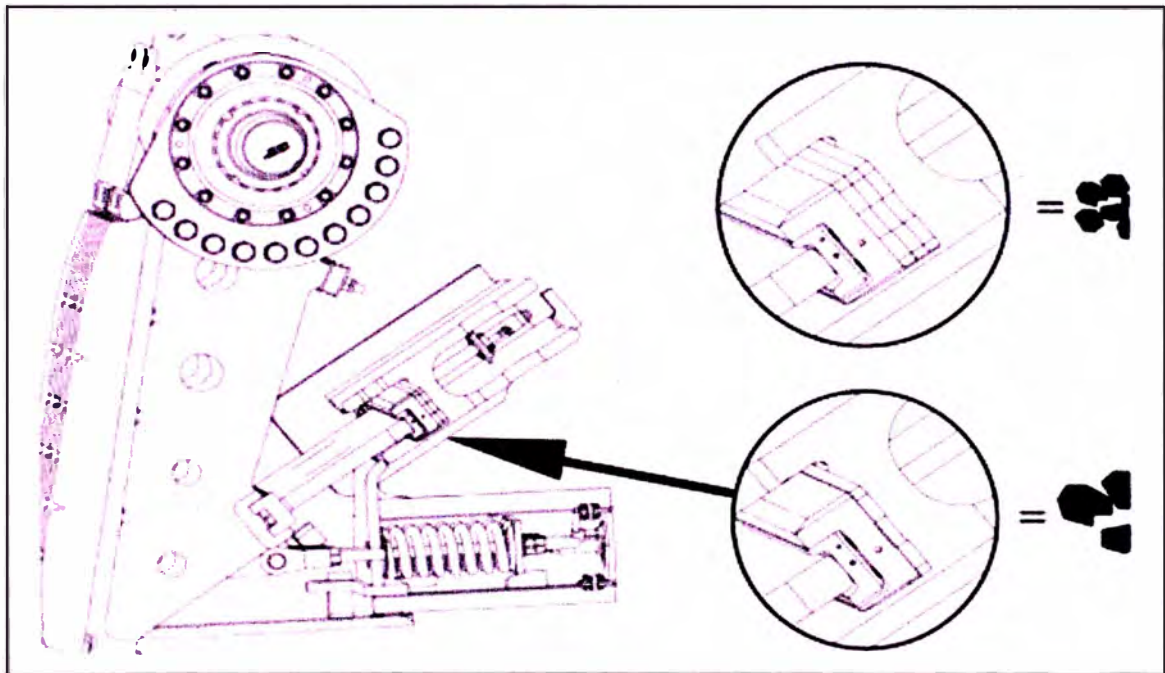


Figura 4.18 Partes de la chancadora que se involucran en el sistema de regulación

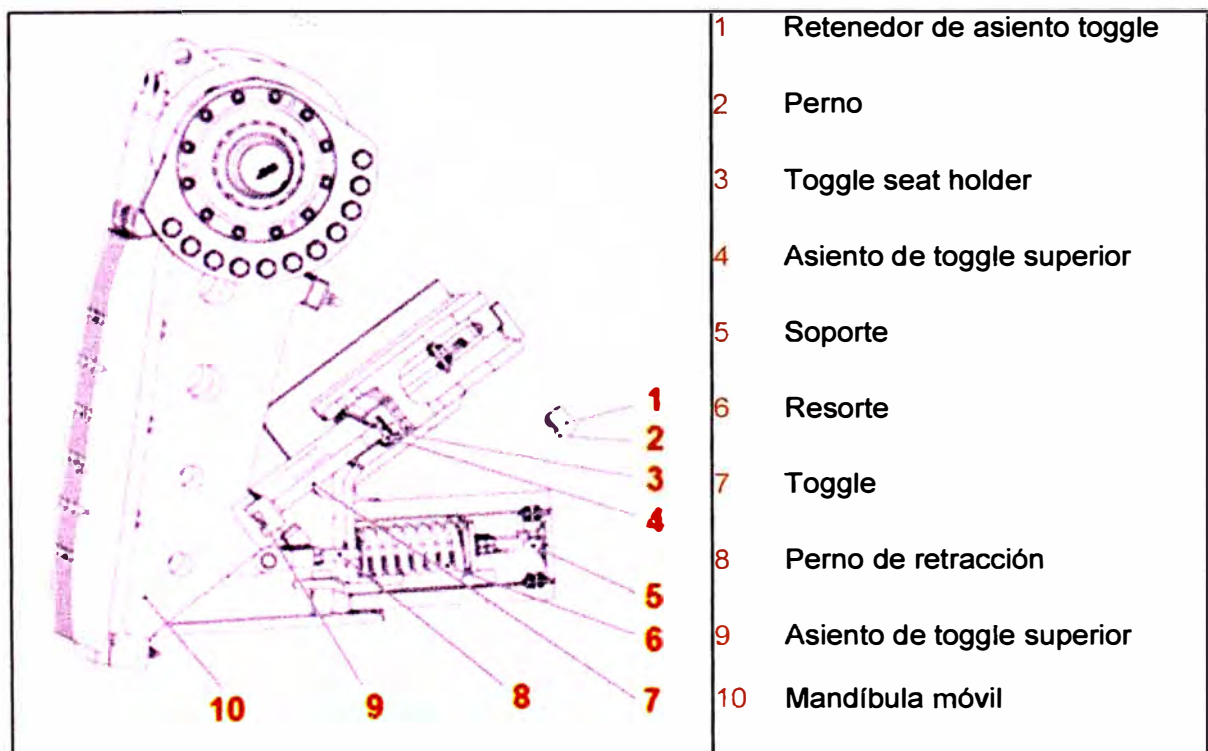


Figura 4.19 Partes de la chancadora que se involucran en el sistema de regulación

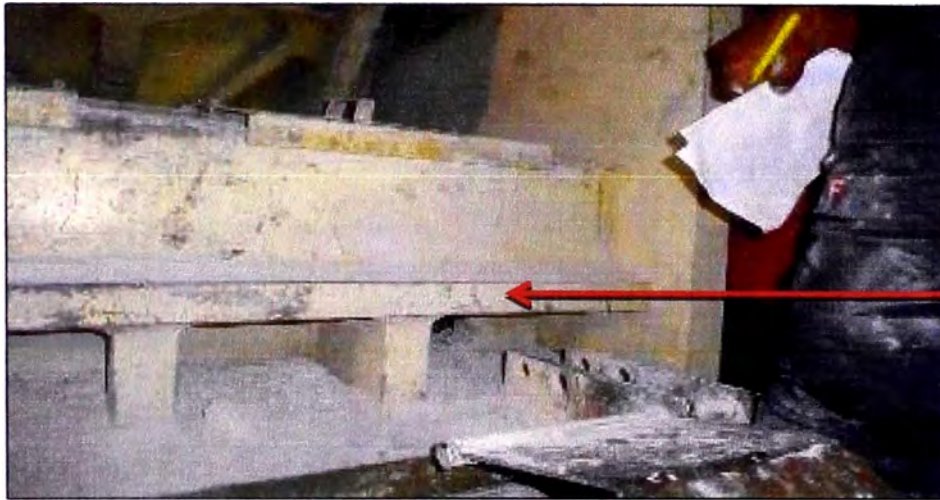
#### **4.4.3 Sistema de regulación de las aberturas de trituración con un sistema hidráulico**

Antes de Iniciar los trabajos se colocará el candado y etiqueta en la fuente de energía de la chancadora, Luego Medimos la abertura inferior entre mandíbulas fija y mandíbula móvil, con el empleo de una wincha para ello se debe ingresar al interior de la chancadora, otra forma de medir el espaciamiento es empleando un calibrador (objeto que tenga una longitud de 4") amarrado a una soga, el trabajador se posiciona en la plataforma/baranda y de ahí mide el espaciamiento.

De requerirse cerrar la abertura se procederá a lo siguiente:

- Retirar guardas de protección de resortes tensores de pitman.
- Medir con una wincha la distancia de resortes tensores del pitman.
- Desajustar los dos pernos tensores (pernos que ajustan resortes tensores del pitman).
- Desajustar pernos laterales que ajustan la caja de regulación (son dos pernos por cada lado de la caja de regulación).
- Activar la bomba hidráulica manual, a través de una palanca, para manipular los pistones hidráulicos, que a la vez moverá al toggle y el pitman hasta una distancia requerida para que pueda ingresar una lana.
- Colocar lanas (plancha de metal) en la espalda de caja de regulación. Las lanas se emplean para regular la abertura y compensar el desgaste de mandíbula.
- Ajustar pernos tensores verificar que distancia del resorte comprimido sea igual al medido inicialmente.
- Colocar contratuerca, además de la guarda de protección.

- Ajustar pernos laterales de caja de regulación. Ingresar a la cámara de trituración y dar golpes a la cabeza de pernos laterales de la caja de regulación y a la vez ajustar por fuera



En este lugar se instalarán los brazos de los dos pistones

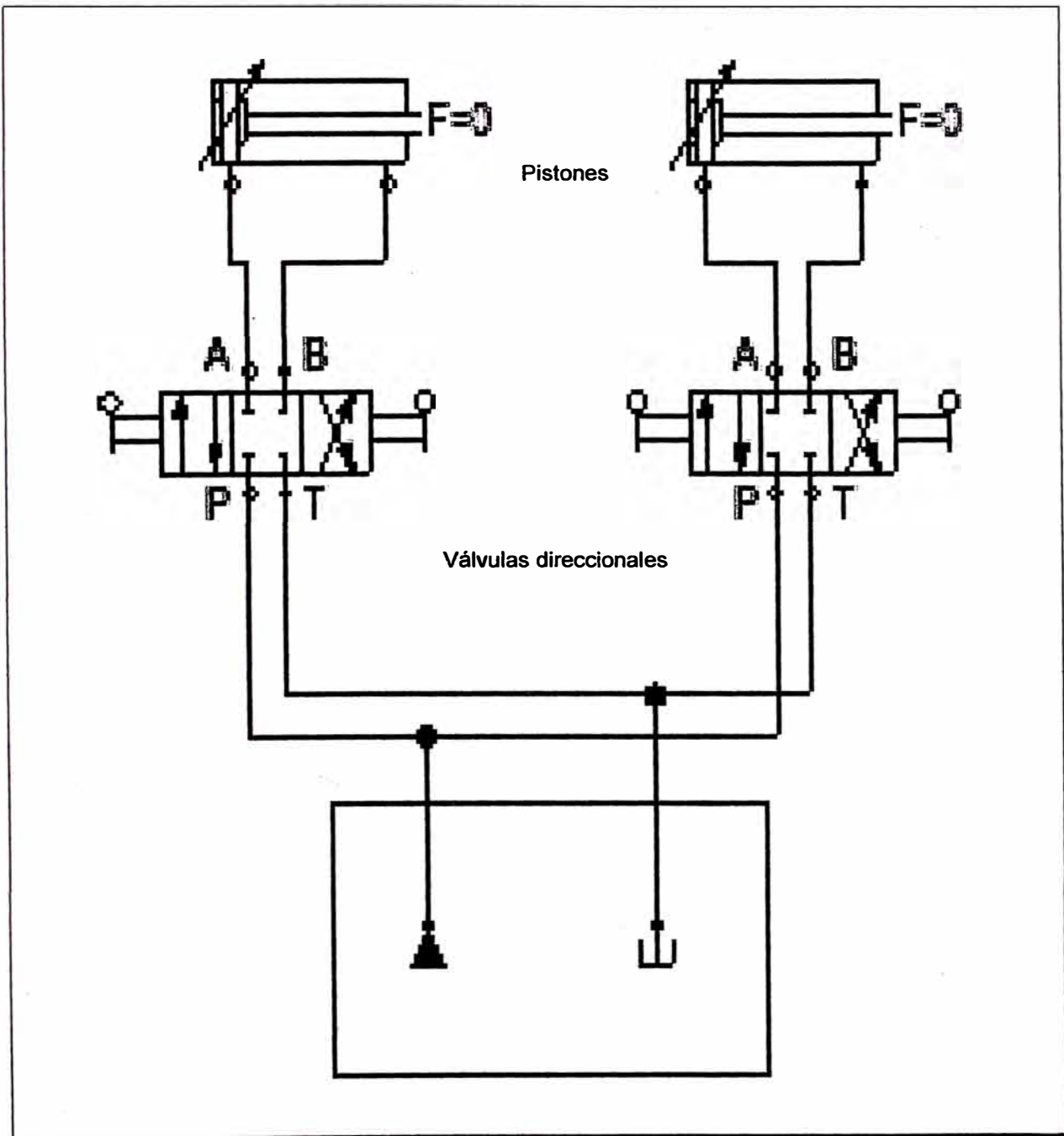
Figura 4.20 Zona de ubicación del pernos para la regulación mecánica



Bomba hidraulica manual

Figura 4.21 Bomba hidráulica manual





Bomba hidráulica manual

Figura 4.22 Sistema de regulación hidráulica en reposo

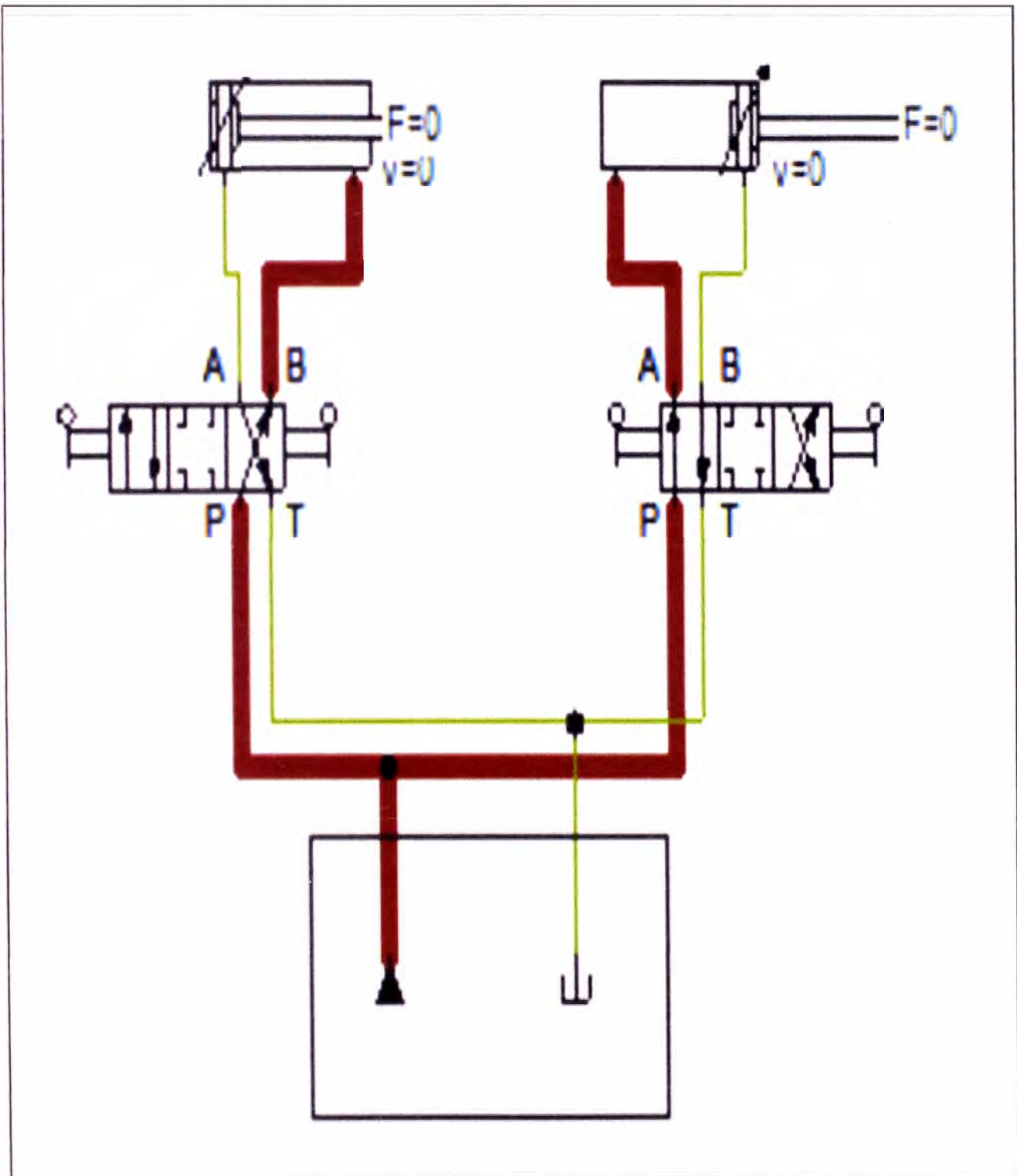


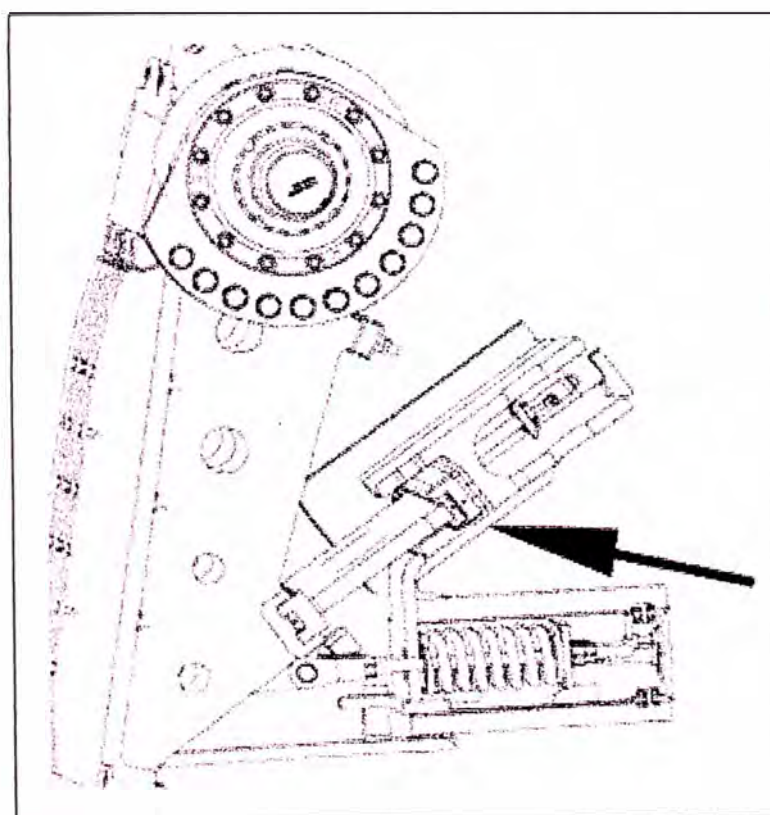
Figura 4.23 Sistema de regulación hidráulica en funcionamiento



#### 4.5 VARIACIÓN DEL ANGULO DE TRITURACIÓN

Debido al desgaste elevado de los forros del equipo de trituración, nos vemos en la necesidad de variar el ángulo de trituración, esta decisión se toma ya que debido al elevado desgaste solo utilizamos el 80% de los forros, porque el sistema de regulación mecánico o hidráulico por diseño y por protección del equipo tiene un límite máximo en el cierre. Cuando mencionamos de variar el ángulo de chancado nos referimos incrementar la longitud del toggle, para poder tener una capacidad mayor de cierre.

El ángulo de chancado viene dado por el diseño del equipo y para poder variar dicho parámetro, presentamos el estudio indicado líneas abajo.



Toggle o fusible mecánico

Figura 4.24 Toggle o fusible mecánico

#### 4.5.1 Variación del Toggle o fusible mecánico

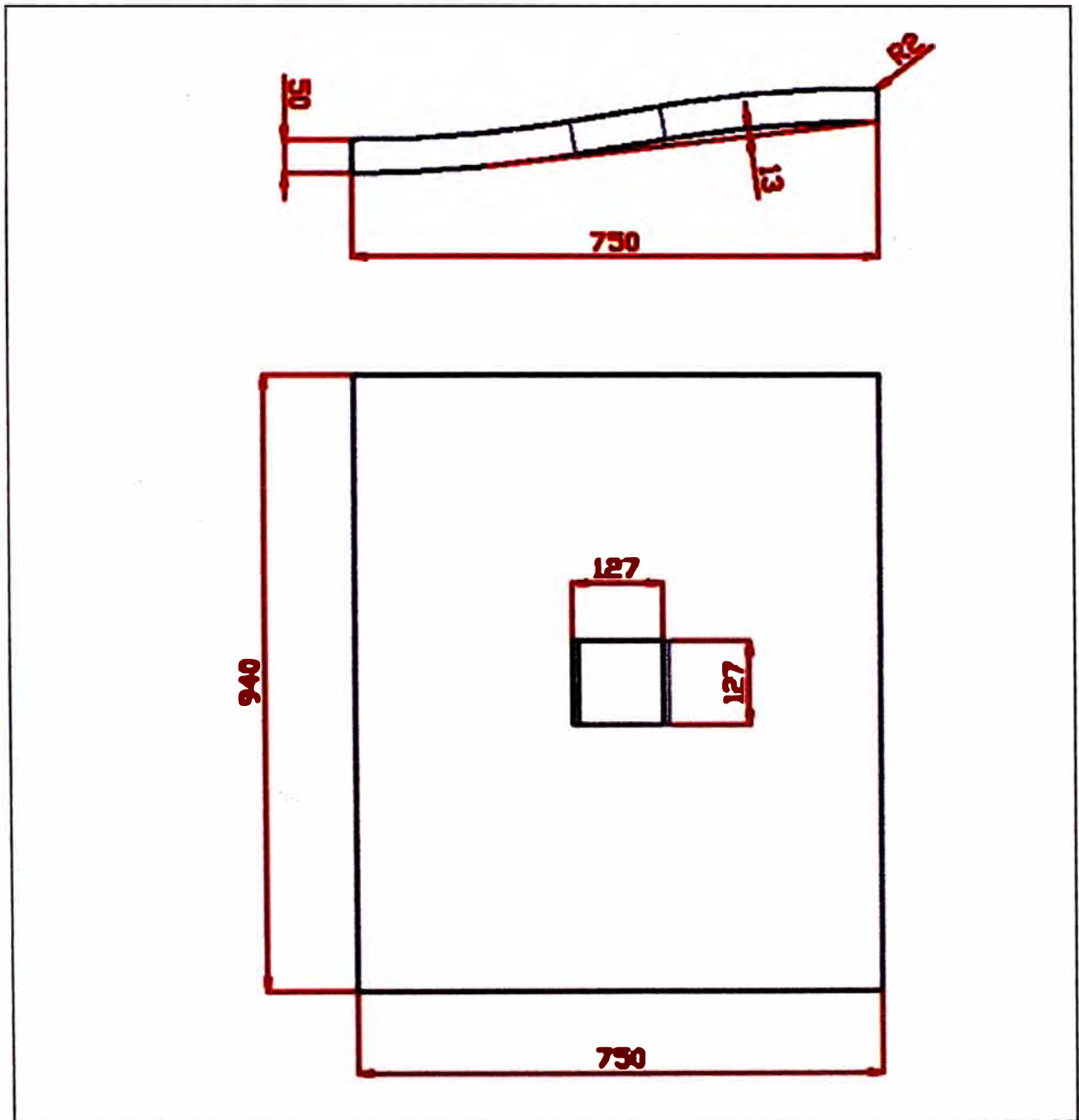
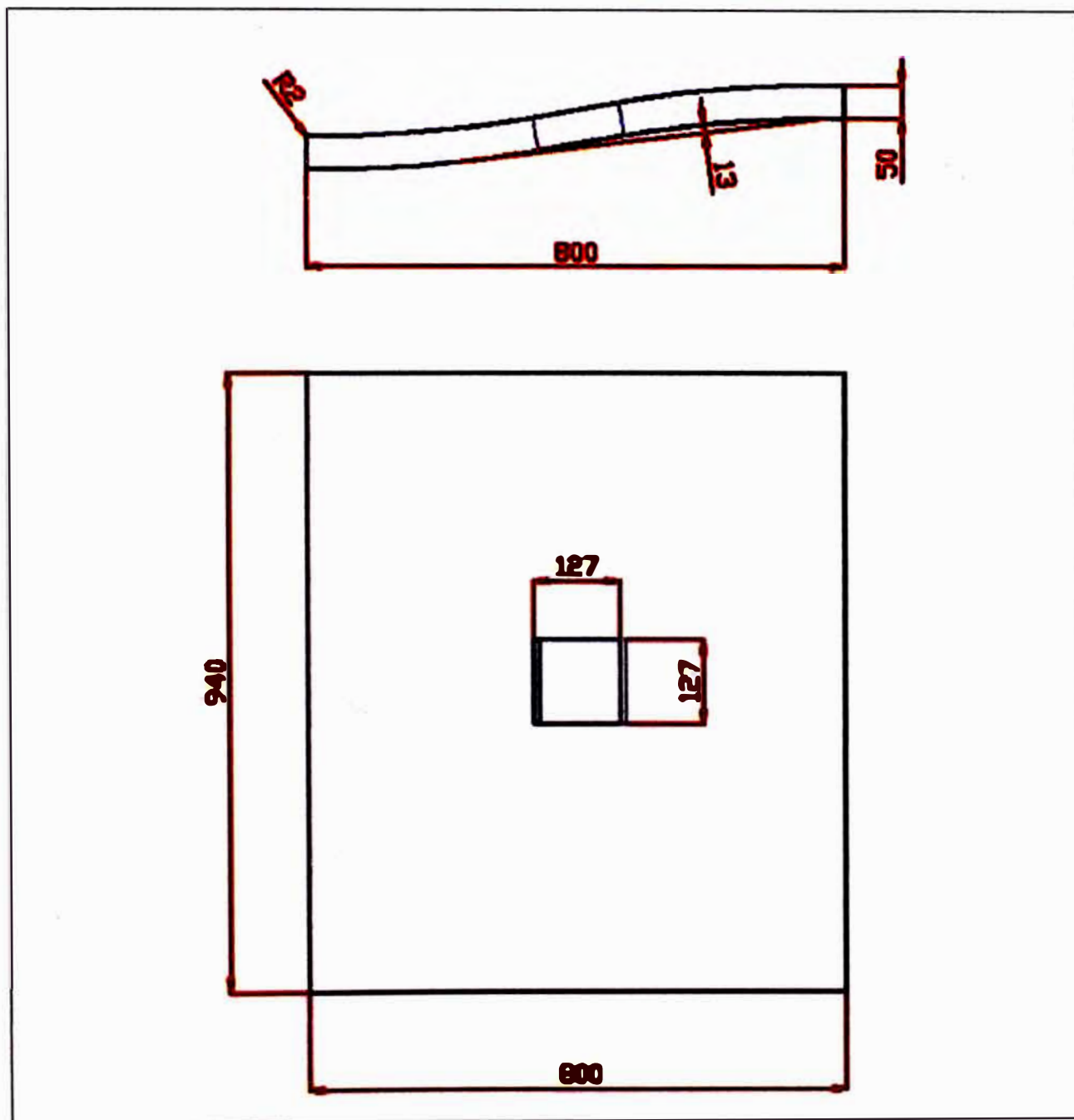


Figura 4.25 Toggle inicial

**Toggle modificado, se incrementó 2"**



**Figura 4.26 Toggle modificado**

#### 4.5.2 Medición del ángulo de chancado

Aquí se muestran las fuerzas que actúan en el chancado de piedra.

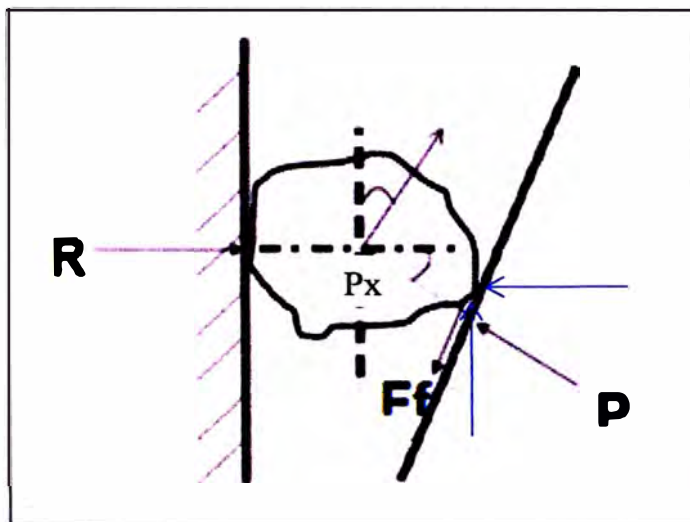


Figura 4.27 Distribución de fuerzas

$$\sum F_x = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum F_x = R - F_{f_y} - P_y = 0$$

$$\sum F_y = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum F_y = \mu R + F_{f_x} - P_y = 0$$

Entonces:

$$\sum F_x = R - P \cdot \cos \alpha - \mu P' \cdot \sin \alpha$$

$$\sum F_y = \mu R - P \cdot \sin \alpha - \mu P' \cdot \cos \alpha = 0$$

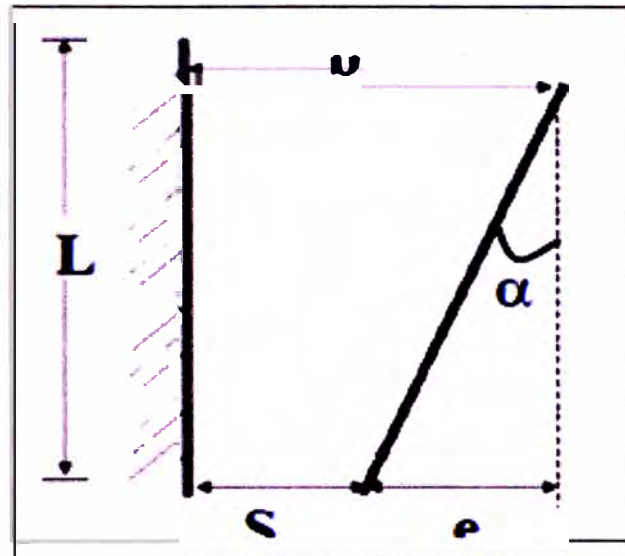
Aplicando las formulas (11) y (12)

$$\tan \alpha = \frac{-2 \cdot \mu}{\mu^2 - 1}$$

$$\tan \left( \frac{\alpha}{2} \right) = \mu$$

$$\text{Si } \frac{\alpha}{2} > \mu$$

La partícula será expulsada y por lo tanto no será triturada



$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{L}{b - S}$$

Figura 4.28 Angulo de chancado

Datos de la chancadora CEDARAPID antes del cambio del toggle

$$L = 1448 \text{ mm}$$

$$b = 30'' = 762 \text{ mm}$$

$$S = 6'' = 152,4 \text{ mm}$$

$$e = 609,4 \text{ mm}$$

Calculo de ángulo de trituración:

$$\operatorname{cot} \alpha = \frac{L}{b - S}$$

$$\operatorname{cot} \alpha = \frac{1448}{762 - 152,4}$$

$$\operatorname{cot} \alpha = 2,37$$

$$\alpha = 22,7^\circ$$

Al incrementar la longitud del toggle en 50 mm, esto genera que "S"

disminuya a 89.9 mm y por lo tanto tenemos.

$$L = 1448mm$$

$$b = 30'' = 762mm$$

$$S = 89,9mm$$

$$c = 671.9mm$$

Calculo de ángulo de trituración:

$$\cot \alpha = \frac{L}{b - S}$$

$$\cot \alpha = \frac{1448}{762 - 89.9}$$

$$\cot \alpha = 2.1544$$

$$\alpha = 24,8987^\circ$$

#### 4.5.3 Comportamiento de la chancadora de acuerdo a la variación del ángulo de chancado

Tabla 4.6 Variación del ángulo de chancado  $\alpha$

Abertura de chancadora	Angulo	Abertura de chancadora	Angulo	Abertura de chancadora	Angulo
6.024	22.8113265	4.370	24.2087129	2.677	25.6083059
5.984	22.8449409	4.331	24.2416211	2.638	25.6404756
5.945	22.8785386	4.291	24.2745123	2.598	25.672628
5.906	22.9121197	4.252	24.3073865	2.559	25.704763
5.866	22.9456842	4.213	24.3402436	2.520	25.7368807
5.827	22.9792321	4.173	24.3730837	2.480	25.7689811
5.787	23.0127633	4.134	24.4059068	2.441	25.801064
5.748	23.0462778	4.094	24.4387128	2.402	25.8331297
5.709	23.0797757	4.055	24.4715018	2.362	25.8651779
5.669	23.1132569	4.016	24.5042736	2.323	25.8972088
5.630	23.1467214	3.976	24.5370284	2.283	25.9292223
5.591	23.1801692	3.937	24.5697662	2.244	25.9612184
5.551	23.2136003	3.898	24.6024868	2.205	25.9931972
5.512	23.2470146	3.858	24.6351903	2.165	26.0251585
5.472	23.2804123	3.819	24.6678767	2.126	26.0571025
5.433	23.3137932	3.780	24.700546	2.087	26.089029
5.394	23.3471573	3.740	24.7331981	2.047	26.1209381
5.354	23.3805047	3.701	24.7658332	2.008	26.1528298

5.315	23.4138353	3.661	24.7984511
5.276	23.4471491	3.622	24.8310518
5.236	23.4804461	3.583	24.8636354
5.197	23.5137263	3.543	24.8962018
5.157	23.5469897	3.504	24.928751
5.118	23.5802363	3.465	24.9612831
5.079	23.6134661	3.425	24.993798
5.039	23.646679	3.386	25.0262957
5.000	23.6798751	3.346	25.0587762
4.961	23.7130543	3.307	25.0912394
4.921	23.7462166	3.268	25.1236855
4.882	23.7793621	3.228	25.1561144
4.843	23.8124906	3.189	25.188526
4.803	23.8456023	3.150	25.2209203
4.764	23.8786971	3.110	25.2532975
4.724	23.9117749	3.071	25.2856574
4.685	23.9448358	3.031	25.318
4.646	23.9778798	2.992	25.3503253
4.606	24.0109069	2.953	25.3826334
4.567	24.043917	2.913	25.4149242
4.528	24.0769101	2.874	25.4471978
4.488	24.1098863	2.835	25.479454
4.449	24.1428455	2.795	25.511693
4.409	24.1757877	2.756	25.5439146

#### 4.5.4 Angulo de Chancado Vs Abertura de Chancado

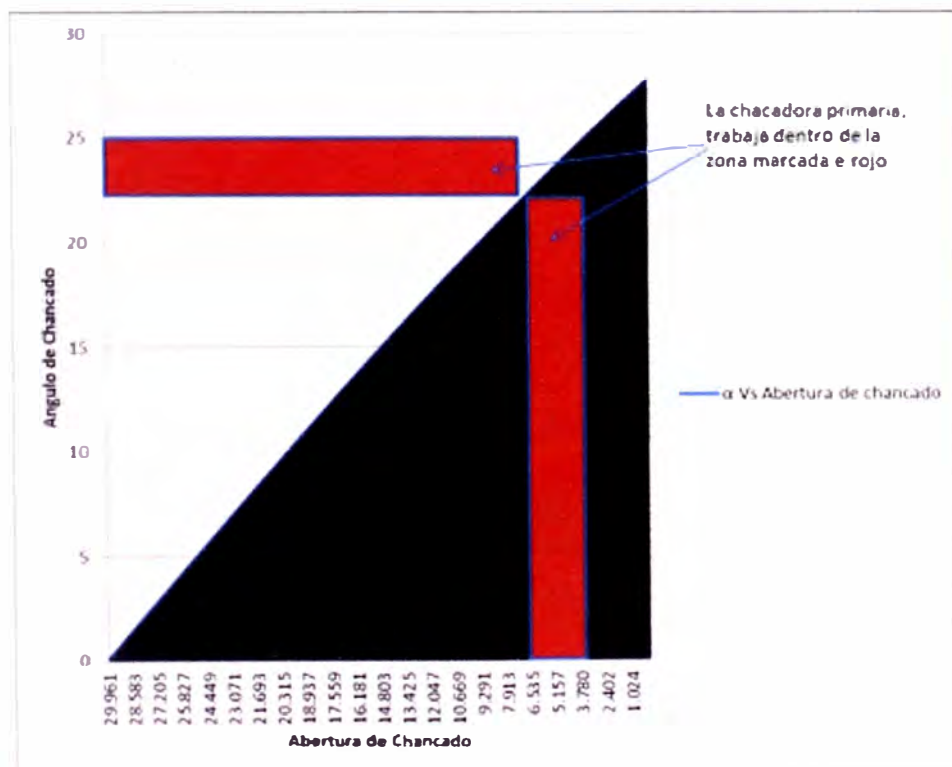


Figura 4.29 Angulo de chancado Vs Abertura de chancado



#### 4.5.5 Observaciones del ángulo de chancado

- Cuando se regula la abertura de chancado a 3", inicia puntualmente el resbamiento de las piedras, esto se aprecia en la practica.
- La máxima abertura de chancado es de 7".
- La abertura mínima de chancado es 4".

#### 4.6 COMPARATIVO DE LA DURACIÓN DE LOS FORROS DE ACUERDO A LA REINGENIERIA APLICADA

Duración prevista:

Tabla 4.7

Muela fija		Muela móvil	
Cambio de muela (m <sup>3</sup> )	Volteo de muela (m <sup>3</sup> )	Cambio de muela (m <sup>3</sup> )	Volteo de muela (m <sup>3</sup> )
33,000	16,500	16,500	8,750

Duración Real antes de la reingeniería

Tabla 4.8

Muela fija		Muela móvil	
Cambio de muela (m <sup>3</sup> )	volteo de muela (m <sup>3</sup> )	Cambio de muela (m <sup>3</sup> )	volteo de muela (m <sup>3</sup> )
19,000	10,000	9,500	4,500

Duración real luego de la reingeniería

Tabla 4.9

Muela fija		Muela móvil	
Cambio de muela (m <sup>3</sup> )	Volteo de muela (m <sup>3</sup> )	Cambio de muela (m <sup>3</sup> )	Volteo de muela (m <sup>3</sup> )
26,500	12,000	13,000	7,000

#### **4.7 ENSAYOS REFERENTES AL DESGASTE DE LOS ACEROS DE UNA CHANCADORA PRIMARIA.**

Actualmente no existe un ensayo que pueda medir en forma directa el desgaste de los forros de los equipos de trituración, y no existe ningún desarrollo del mismo. ASTM está desarrollando un ensayo para medir el desgaste de los equipos de perforación basado en el ensayo CERCHAR, pero no hay desarrollo del desgaste de los aceros en los equipos de trituración, y como consecuencia no tenemos un parámetro para poder estandarizar los desgastes y no tenemos como poder cuantificar dicha partida sin antes iniciar el proceso. Algunos ensayos que se realizan en la industria de la construcción y minería son:

##### **4.7.1 Ensayo de los ángeles**

En la máquina de los angeles se introduce una muestra de árido limpio y lavado, con una de las siete granulometrías indicadas por la norma, y una carga abrasiva compuesta de esferas de fundición o de acero, cuyo peso total depende de la granulometría elegida. Con la muestra y la carga abrasiva en el interior del tambor, se hace girar este a una velocidad constante y durante un número determinado de vueltas, tras lo que se separa la muestra por el tamiz 1,6 UNE, lavando y secando en estufa lo retenido en él. El resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original de la muestra y su peso al final del ensayo, expresada en tanto por ciento del peso inicial. A este valor numérico se le denomina coeficiente de desgaste Los Ángeles. Por lo general, se puede decir que coeficientes superiores a 50 corresponden a áridos de mala calidad, no aptos para la construcción de capas de firme. Coeficientes inferiores a 20 corresponden a áridos con resistencia al desgaste suficiente para cualquier posible

aplicación, y en particular, para capas de rodadura bituminosas que hayan de soportar tráfico pesado.

#### 4.7.2 Ensayo CERCHAR

A partir de este ensayo se obtiene el índice CERCHAR para estimar el valor de la abrasión. El ensayo consiste en medir el diámetro (en décimas de mm) de la superficie circular producida por el paso de una aguja en una muestra, dicha huella es dejada por un cono de acero en la superficie fresca de la roca. El ensayo se realiza de la siguiente manera: se toma un cono de acero y lo cargamos constantemente con 7 Kg de peso, luego se hace mover el cono 1 cm en la muestra de la roca; este procedimiento se repite unas 6 veces en varias direcciones siempre usando un cono con superficie fresca. En la siguiente tabla se muestran la clasificación cualitativa y cuantitativa del índice CERCHAR para algunos tipos de roca.

La forma de obtener este índice es a partir de la siguiente expresión

$$CAI = 0.00254 \sum_{i=1}^{10} d_i \quad (14)$$

d, es el diámetro de la huella.

Tabla 4.10 Índice CERCHAR

Índice Cerchar	Clasificación	Tipo de roca
>4.5	Extremadamente abrasiva	Gneis, pegmatita y granito
4.25 – 4.5	Altamente abrasiva	Anfibolita y granito
4.0 – 4.25	Abrasiva	Granito, gneis, esquistos, piroxenita y arenisca
3.5 – 4.0	Moderadamente abrasiva	Granito, gneis y dolerita
1.2 – 2.5	Poco abrasiva	Arenisca
< 1.2	Muy poco abrasiva	Caliza

#### **4.7.3 Ensayo PIN ON DISK**

Para la prueba de desgaste con este método se necesitan dos probetas. El primero es un pin cuyo tamaño es muy reducido, el cual es posicionado perpendicularmente a la otra pieza, la cual usualmente es un disco circular. La máquina de pruebas causa que el pin o el disco giren entre sí; como consecuencia de ello, se forma un camino de desgaste en el disco. El plano del disco puede ser orientado vertical u horizontalmente. Los resultados de desgaste pueden diferir según la orientación del disco. Las mediciones de desgaste pueden tomarse en porcentaje de pérdida en peso contra tiempo, los resultados son más comúnmente reportados como pérdida de volumen en milímetros cúbicos.

#### **4.7.4 Análisis mineralógico**

El análisis mineralógico, es una técnica de investigación geológica de laboratorio, dedicada a la obtención de datos mineralógicos necesarios para la evaluación y aprovechamiento de las materias primas minerales. El análisis mineralógico, es unas técnicas dedicada a la identificación de los minerales y al conocimiento detallado de sus propiedades físicas y químicas, cuya asistencia es de vital importancia en las diferentes etapas de desarrollo de un proyecto minero. Además del estudio microscópico de minerales, existen otros métodos complementarios de investigación; entre los principales podemos citar los siguientes: Difracción de Rayos X, Análisis Espectrográfico, Microsonda Electrónica, Análisis Térmico Diferencial, Espectrofotometría de Absorción Atómica.

La observación microscópica, generalmente, es el primer paso en toda

investigación mineralógica, debido a que permite realizar estudios rápidos en base a la observación y comparación de las propiedades físicas de los minerales. Las otras técnicas, en cambio, determinan las características físicas y/o químicas, que no pueden ser determinadas ópticamente, y permiten de este modo, la realización de estudios especiales orientados al conocimiento integral de uno o más minerales.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA LÍNEA DE CHANCADO PRIMARIO

#### 5.1 RESUMEN TODA LA PARTIDA ANTES DE LA REINGENIERIA

Tabla 5.1 En esta tabla se muestra el resumen de la partida de chancado

Rendimiento (m <sup>3</sup> /turno)	864
Horas efectivas	6
m <sup>3</sup> /h	144
Jornada laboral (hr/turno)	13
Factor incremento en materiales de desgaste y mantenimiento	1.2
Tipo de cambio (de solas a dólares)	2.7
Costo Directo (U\$) / m <sup>3</sup>	3.5952
Costo Indirecto (U\$) (15% costo directo) / m <sup>3</sup>	0.5393
Costo total (U\$) / m <sup>3</sup>	4.1345
Utilidad 49% (U\$) / m <sup>3</sup>	2.0259
Facturación (U\$) / m <sup>3</sup>	6.1604



## 5.2 DETALLE DE CADA PARTIDA ANTES DE LA REINGENIERIA

### 5.2.1 Mano de obra de operación

La mano de obra de operación representa el 10.11 % (U\$ 0.3634) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.2 Partida mano de obra de operación

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Salario (U\$)	Factor empresa	Jornada Básica	Factor Jornada 2x1	Precio (U\$)	Parcial (U\$)
Supervisor	hr/hombre	0.25	0.0038	1037.04	1.50	240.00	1.33	8.64	0.03
Operario	hr/hombre	1	0.0150	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.10
Electricista	hr/hombre	0.25	0.0038	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.02
Laboratorista	hr/hombre	0.25	0.0038	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.02
Ayudante	hr/hombre	1	0.0150	481.48	1.80	240.00	1.33	4.81	0.07
Controlador	hr/hombre	0.25	0.0038	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.02
Mecánico	hr/hombre	0.25	0.0038	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.02
Soldador	hr/hombre	0.25	0.0038	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.02
Almacén	hr/hombre	0.25	0.0038	481.48	1.80	240.00	1.33	4.81	0.02
Chofer	hr/hombre	0.25	0.0038	555.56	1.80	240.00	1.33	5.56	0.02
								<b>Total</b>	<b>0.3634</b>

### 5.2.2 Mano de obra de mantenimiento

Mano de obra de mantenimiento representa el 4.07% (U\$ 0.15) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.3 Partida mano de obra de mantenimiento

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Salario (U\$)	Factor empresa	Jornada Básica	Factor Jornada 2x1	Precio (U\$)	Parcial (U\$)
Mecánico	hr/hombre	0.5	0.0075	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.05
Soldador	hr/hombre	0.5	0.0075	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.05
Ayudante	hr/hombre	0.5	0.0075	648.15	1.80	240.00	1.33	6.48	0.05
								Total	0.15

### 5.2.3 Materiales de mantenimiento

Los materiales de mantenimiento representan el 7.95% (U\$ 0.286) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.4 Partida materiales de mantenimiento

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Precio	Parcial
Materiales de mantenimiento CH440	Global	1	0.0069	14.28	0.099
Materiales de mantenimiento CEDARAPID	Global	1	0.0069	5.16	0.036
Materiales de mantenimiento Zaranda Banana	Global	1	0.0069	3.40	0.024
Materiales de mantenimiento Fajas Transportadoras	Global	7	0.0069	2.62	0.127
				Total	0.286

### 5.2.4 Materiales de desgaste

Los materiales de desgaste representan el 68.38% (2.4582) del coso directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.5 Partida materiales de desgaste

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Precio (U\$)	Parcial (U\$)
Materiales de desgaste CH 440	Global	1	0.000064	12,442.80	0.798
Materiales de desgaste CEDARAPID	Global	1	0.000053	14,372.97	0.756
Mallas zaranda Banana	Global	1	0.000085	7,122.64	0.609
Chutes Planta	Global	1	0.000085	3,456.00	0.295
				Total	2.4582

### 5.2.5 Equipos depreciados

El costo de la depreciación de los equipos representa el 9.49% (U\$ 0.3414) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.6 Partida equipos depreciados

Equipo	Cantidad	Valor unitario	Total	Tiempo de vida (días)	Depreciación por turno	Índice	Parcial
Primaria 30x42	1.00	320,000.00	320,000.00	1825	87.67	0.001157407	0.1015
Secundaria H-4800	1.00	380,000.00	380,000.00	1825	104.11	0.001157407	0.1205
Zaranda 7x20	1.00	120,000.00	120,000.00	1825	32.88	0.001157407	0.0381
Fajas transportadoras	7.00	30,000.00	210,000.00	1825	57.53	0.001157407	0.0666
Tablero de control	0.50	30,000.00	15,000.00	1825	4.11	0.001157407	0.0048
Contenedores	0.75	6,000.00	4,500.00	1825	1.23	0.001157407	0.0014
Taller	0.25	48,000.00	12,000.00	1825	3.29	0.001157407	0.0038
Camioneta	0.25	35,000.00	8,750.00	1825	2.40	0.001157407	0.0028
Herramientas	0.25	25,000.00	6,250.00	1825	1.71	0.001157407	0.0020
						Total	0.3414

### 5.3 RESUMEN DE TODA LA PARTIDA LUEGO DE LA REINGENIERIA

Tabla 5.7 En este cuadro se muestra el resumen de la partida de chancado

Rendimiento (m <sup>3</sup> /turno)	1,080
Horas efectivas	7.5
m <sup>3</sup> /h	144
Jornada laboral (hr/turno)	13
Factor incremento en materiales de desgaste y mantenimiento	1.2
Tipo de cambio (de solas a dólares)	2.7
Costo Directo (U\$) / m <sup>3</sup>	2.9133
Costo Indirecto (U\$) (15% costo directo) / m <sup>3</sup>	0.4370
Costo total (U\$) / m <sup>3</sup>	3.3503
Utilidad 49% (U\$) / m <sup>3</sup>	1.6417
Facturación (U\$) / m <sup>3</sup>	4.9920

## 5.4 DETALLE DE CADA PARTIDA LUEGO DE LA REINGENIERIA

### 5.4.1 Mano de obra de operación

La mano de obra de operación representa el 9.98 % (U\$ 0.2907) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.8 Partida mano de obra de operación

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Salario (U\$)	Factor empresa	Factor Jornada 2x1	Precio	Parcial (U\$)
Supervisor	hr/hombre	0.25	0.0030	1037.04	1.50	1.33	8.64	0.03
Operario	hr/hombre	1	0.0120	648.15	1.80	1.33	6.48	0.08
Electricista	hr/hombre	0.25	0.0030	648.15	1.80	1.33	6.48	0.02
Laboratorista	hr/hombre	0.25	0.0030	648.15	1.80	1.33	6.48	0.02
Ayudante	hr/hombre	1	0.0120	481.48	1.80	1.33	4.81	0.06
Controlador	hr/hombre	0.25	0.0030	648.15	1.80	1.33	6.48	0.02
Mecánico	hr/hombre	0.25	0.0030	648.15	1.80	1.33	6.48	0.02
Soldador	hr/hombre	0.25	0.0030	648.15	1.80	1.33	6.48	0.02
Almacén	hr/hombre	0.25	0.0030	481.48	1.80	1.33	4.81	0.01
Chofer	hr/hombre	0.25	0.0030	555.56	1.80	1.33	5.56	0.02
							Total	0.2907

#### 5.4.2 Mano de obra de mantenimiento

Mano de obra de mantenimiento representa el 4.02% (U\$ 0.12) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.9 Partida mano de obra de mantenimiento

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Salario (U\$)	Factor empresa	Factor Jornada 2x1	Precio	Parcial (U\$)
Mecánico	hr/hombre	0.5	0.0060	648.15	1.80	1.33	6.48	0.04
Soldador	hr/hombre	0.5	0.0060	648.15	1.80	1.33	6.48	0.04
Ayudante	hr/hombre	0.5	0.0060	648.15	1.80	1.33	6.48	0.04
							Total	0.12

#### 5.4.3 Materiales de mantenimiento

Los materiales de mantenimiento representan el 9.81% (U\$ 0.286) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.10 Partida materiales de mantenimiento

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Precio (U\$)	Parcial (U\$)
Materiales de mantenimiento CH440	Global	1	0.0069	14.28	0.099
Materiales de mantenimiento CEDARAPID	Global	1	0.0069	5.16	0.036
Materiales de mantenimiento Zaranda Banana	Global	1	0.0069	3.40	0.024
Materiales de mantenimiento Fajas Transportadoras	Global	7	0.0069	2.62	0.127
				Total	0.286



#### 5.4.4 Materiales de desgaste

Los materiales de desgaste representan el 76.63% (2.2325) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.11 Partida materiales de desgaste

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	Precio (U\$)	Parcial (U\$)
Materiales de desgaste CH 440	Global	1	0.000064	12,442.80	0.798
Materiales de desgaste CEDARAPID	Global	1	0.000038	14,064.09	0.531
Mallas zaranda Banana	Global	1	0.000085	7,122.64	0.609
Chutes Planta	Global	1	0.000085	3,456.00	0.295
				<b>Total</b>	<b>2.2325</b>

#### 5.4.5 Equipos depreciados

El costo de la depreciación de los equipos representa el 9.37% (U\$ 0.2731) del costo directo por m<sup>3</sup>.

Tabla 5.12 Partida equipos depreciados

Equipo	Cantidad	Valor unitario (U\$)	Total (U\$)	Tiempo de vida (días)	Depreciación por turno (U\$)	Parcial (U\$)
Primaria 30x42	1.00	320,000.00	320,000.00	1,825	87.67	0.0812
Secundaria H-4800	1.00	380,000.00	380,000.00	1,825	104.11	0.0964
Zaranda 7x20	1.00	120,000.00	120,000.00	1,825	32.88	0.0304
Fajas transp	7.00	30,000.00	210,000.00	1,825	57.53	0.0533
Tablero de control	0.50	30,000.00	15,000.00	1,825	4.11	0.0038
Contenedores	0.75	6,000.00	4,500.00	1,825	1.23	0.0011
Taller	0.25	48,000.00	12,000.00	1,825	3.29	0.0030
Camioneta	0.25	35,000.00	8,750.00	1,825	2.40	0.0022
Herramientas	0.25	25,000.00	6,250.00	1,825	1.71	0.0016
					<b>Total</b>	<b>0.2731</b>

## 5.4.6 Análisis detallado de las partidas de materiales de desgaste y mantenimiento

### 5.4.6.1 Detalle de la partida de materiales de desgaste

- Equipo de chancado secundario CH440

El volumen a producir con un juego de forro (01 forro fijo y 01 forro móvil) es de 15,600.00 M<sup>3</sup> y el factor incremento del acero es de 1.2.

Tabla 5.12 Partida detallada materiales de desgaste chancadora CH440

Descripción	Unidad	Cantidad	Factor incremento	Precio (U\$)	Precio final (U\$)
Forro Móvil	Global	1.00	1.2	3,865.00	4638
Forro Fijo	Global	1.00	1.2	4,154.00	4984.8
Resina	Global	1.00	1.2	1300.00	1560
Anillo Oxidante	Global	1.00	1.2	100.00	120
Pernos	Global	1.00	1.2	300.00	360
Grasa Tribol	Global	1.00	1.2	400.00	480
Reten buje araña	Global	1.00	1.2	200.00	240
Filtro buje araña	Global	1.00	1.2	50.00	60
				Total	12,442.80

- Equipo de chancado primario CEDARAPID

El volumen a producir con un 01 forro fijo y 0.491 forro móvil es de 26,500 m<sup>3</sup> y el factor incremento acero es 1.2.

Tabla 5.13 Partida detallada materiales de desgaste chancadora CEDARAPID

Descripción	Unidad	Cantidad	Factor incremento	Precio (U\$)	Precio final (U\$)
Muela Fija	Global	1.000	1.2	5100	6,120
Muela Móvil	Global	0.491	1.2	7200	4,238.49
Placa Lateral Superior Derecho	Global	0.500	1.2	1150	690
Placa Lateral Superior Izquierdo	Global	0.500	1.2	1150	690
Placa Lateral Inferior Derecho	Global	1.000	1.2	680	816
Placa Lateral Inferior izquierdo	Global	1.000	1.2	680	816
Cuña Muela Móvil	Global	0.250	1.2	332	99.6
Toggle Plate	Global	0.500	1.2	990	594
				<b>Total</b>	<b>14,064.09</b>

- Equipo zaranda Banana

El volumen a producir con un juego de mallas (10 mallas en el primer nivel, 10 en el segundo nivel, 10 en el tercer nivel, pernos y cantoneras) es de 11,700.00 M<sup>3</sup> y el factor incremento del acero es de 1.2.

Tabla 5.14 Partida detallada materiales de desgaste zaranda Banana

Descripción	Unidad	Cantidad	Factor incremento	Precio (U\$)	Precio final (U\$)
Malla 2 ¼	Global	6	1.2	225.90	1,626.48
Malla 2"	Global	4	1.2	164.13	787.84
Malla 12 mm	Global	10	1.2	186.18	2,234.16
Malla 6 mm	Global	10	1.2	186.18	2,234.16
Pernos	Global	1	1.2	100	120.00
Cantoneras	Global	1	1.2	100	120.00
				Total	7,122.64

- Chutes de planta

Materiales a utilizar en la reparación de los chutes luego de producir 11,700 M<sup>3</sup> y con un factor de incremento del acero de 1.2.

Tabla 5.15 Partida detallada materiales de desgaste chutes

Descripción	Unidad	Cantidad	Plancha estructural(U\$)	Soldadura (U\$)	Pernos (U\$)	Factor incremento	Precio (U\$)	Precio final (U\$)
Alero CEDARAPID	Global	1	100	50	10	1.2	160.00	192
Alimentador CEDARAPID	Global	1	50	25	10	1.2	85.00	102
Chutes Faja CEDARAPID	Global	1	50	25	10	1.2	85.00	102
Chutes Faja a Zaranda	Global	2	100	50	10	1.2	320.00	384
Chutes Zaranda	Global	3	150	50	10	1.2	630.00	756
Chutes Faja de producto 1	Global	2	100	50	10	1.2	320.00	384
Chutes Faja de producto 2	Global	2	100	50	10	1.2	320.00	384
Chutes Faja a Cono	Global	2	100	50	10	1.2	320.00	384
Chutes salida de Cono	Global	2	100	50	10	1.2	320.00	384
Chutes de Faja de retorno a zaranda	Global	2	100	50	10	1.2	320.00	384
							Total	3,456.00

- Equipo de chancado secundaria CH440

En esta partida se contempla el costo de las piezas proyectadas por hora de operación, la producción horaria es de 144 m<sup>3</sup>/h y factor por incremento del acero es de 1.2.

Tabla 5.16 Partida detallada materiales de mantenimiento chancadora CH440

Descripción	Unidad	Horas de servicio	Cantidad	Factor incremento	Índice	Precio (U\$)	Parcial / hr (U\$)
Filtros	Global	250	1	1.2	0.004000	300.00	1.44
Aceite	Global	2000	1	1.2	0.000500	1,000.00	0.60
Casquillo de punta	Global	2500	1	1.2	0.000400	3,000.00	1.44
Buje de araña	Global	3000	1	1.2	0.000333	3,000.00	1.20
Reten buje de araña	Global	250	1	1.2	0.004000	500.00	2.40
Bocina excéntrica	Global	5000	1	1.2	0.000200	24,000.00	4.80
Bocina de carcaza	Global	5000	1	1.2	0.000200	12,000.00	2.40
<b>Total</b>							<b>14.28</b>



- Equipo de chancado primario CEDARAPID

En esta partida se contempla el costo de las piezas proyectadas por hora de operación, la producción horaria es de 144 m<sup>3</sup>/h y factor por incremento del acero es de 1.2.

Tabla 5.17 Partida detallada materiales de mantenimiento chancadora CEDARAPID

Descripción	Unidad	Horas de servicio	Cantidad	Factor incremento	Índice	Precio (U\$)	Parcial / hr (U\$)
Grasa	Global	16	1	1.2	0.0625	8	0.6
Rodamientos	Global	10000	1	1.2	0.0001	16000	1.92
Asiento toogle	Global	1000	1	1.2	0.001	1000	1.2
Grizzly	Global	1000	1	1.2	0.001	1200	1.44
<b>Total</b>							<b>5.16</b>

- quipo zaranda BANANA

En esta partida se contempla el costo de las piezas proyectadas por hora de operación, la producción horaria es de 144 m<sup>3</sup>/h y factor por incremento del acero es de 1.2.

Tabla 5.18 Partida detallada materiales de mantenimiento zaranda Banana

Descripción	Unidad	Horas de servicio	Cantidad	Factor incremento	Índice	Precio (U\$)	Parcial / hr (U\$)
Aceite	Global	50	1	1.2	0.02	4	0.096
Rodamientos	Global	3000	2	1.2	0.00033333	3000	2.4
Estructura	Global	2000	1	1.2	0.0005	1500	0.9
<b>Total</b>							<b>3.396</b>

- Equipo faja transportadora

Tabla 5.19 Partida detallada materiales de mantenimiento fajas transportadoras

Descripción	Unidad	Horas de servicio	Cantidad	Factor incremento	Índice	Precio	Parcial / hr
Grasa	Global	50	1	1.2	0.02	2	0.048
Rodamientos y Chumaceras	Global	2000	1	1.2	0.0005	400	0.24
Polines	Global	2500	1	1.2	0.0004	1520	0.7296
Bandas transportadoras	Metro	2000	55	1.2	0.0005	50	1.65
						Total	2.62

En esta partida se contempla el costo de las piezas proyectadas por hora de operación, la producción horaria es de 144 m<sup>3</sup>/h y factor por incremento del acero es de 1.2.

## 5.5 RESUMEN DE TODA LA PARTIDA PREVISTA ANTES DE INICIAR LA OPERACIÓN

Tabla 5.20 En esta tabla se muestra el resumen de la partida de chancado previsto antes de iniciar el proyecto

Rendimiento (m <sup>3</sup> /tumo)	1008
Horas efectivas	7
m <sup>3</sup> /h	144
Jornada laboral (hr/turno)	13
Factor incremento en materiales de desgaste y mantenimiento	1.2
Tipo de cambio (de solas a dólares)	2.7
Costo Directo (U\$) / m <sup>3</sup>	2.4519
Costo Indirecto (U\$) (15% costo directo) / m <sup>3</sup>	0.3678
Costo total (U\$) / m <sup>3</sup>	2.8196
Utilidad 49% (U\$) / m <sup>3</sup>	1.3816
Facturación (U\$) / m <sup>3</sup>	4.2012
Precio de venta (U\$) / m <sup>3</sup> sin IGV	4.82

## **CONCLUSIONES**

### **1. REFERENTE A LOS PROBLEMAS TÉCNICOS ORIGINADOS POR EL DESGASTE EXCESIVO DE LOS ACEROS**

Los problemas técnicos provenientes del desgaste excesivo de los aceros fueron los siguientes:

- Alimentación inadecuada a la boca de trituración de la chancadora primaria.
- Desgaste inadecuado de los forros de la chancadora primaria.
- Desgaste prematuro de los forros de la chancadora primaria.
- Paralizaciones de 1 a 2.5 horas para la regulación de abertura de chancado, cada inicio de guardia.

Estos problemas técnicos fueron minimizados con la ayuda de la reingeniería, y las soluciones fueron:

- Variación del perfil de chancado
- Variación del tipo de aleación de los forros fijos y móviles
- Modificación del sistema de entrega de material, del alimentador vibratorio (se instaló un variador de velocidad).
- Variación del ángulo de chancado, a través de la modificación del toggle.
- Variación del sistema de regulación de la abertura de chancado (se instaló un sistema de regulación hidráulico).

## **RECOMENDACIONES**

### **REFERENTE AL TIPO DE MATERIAL A TRITURAR**

Los ensayos que deberíamos de tomar en consideración para medir el desgaste de los aceros y tener un buen sustento para poder elaborar un presupuesto seria:

- Ensayo de los ángeles, este ensayo nos indicara la calidad del agregado que se va a triturar.
- El ensayo CECHAR, este ensayo se usa principalmente para medir el desgaste de los aceros en los equipos perforación.
- El análisis mineralógico, de esta forma sabríamos los componentes de roca.

En el presente estudio, el único ensayo que se tenia era el de "los ángeles", donde el índice de los ángeles fue del 35% y esto solo nos indicaba que dicho material podía soportar el tránsito de equipos pesados sin que se logre fracturar.

Cuando se solicitó el ensayo mineralógico al cliente, este no lo entrego y solo informa que el mineral tenía un 15% de Cuarzo en su composición y el ensayo CERCHAR nunca lo realizaron.

El tipo de mineral que se trituraba no presentaba una dureza elevada y esto se comprueba porque solo se utilizaba el 50% de la carga instalada para triturarlo; por

eso que cuando se utilizó la aleación inicial (al manganeso) esta se desgasta rápidamente porque no alcanza su dureza máxima (400 BHN), ya que esta necesita estar sometida a esfuerzos para llegar a su dureza máxima, ya que inicialmente tiene una dureza de 200 a 240 BHN.

## **REFERENTE A LAS VARIANTES PRACTICADOS EN LA REINGENIERÍA**

La información técnica de la ingeniería de trituración es muy cerrada no está disponible. El presente documento ilustra los diferentes tipos de solución de reingeniería modificando algunos parámetros de diseño de los equipos. De acuerdo a lo vertido en este documento podemos recomendar lo siguiente:

- La aleación más favorable para triturar este tipo de material (es cuando presenta una dureza elevada, ya que el ensayo de los ángeles entrego 35%), es el uso de una aleación con un alto porcentaje de cromo, ya que estas aleaciones no tienen que estar sometidos a elevados esfuerzos para alcanzar su máxima dureza, esta aleación sale de la fundición con una dureza de 480 a 550 BHN. Las aleaciones al manganeso salen de la fundición con 200 a 240 BHN y duplican su dureza a medida que estén sometidos a esfuerzos.
- Incrementar la longitud del toggle en 50 mm nos permitió utilizar al máximo los forros de las chancadoras primarias, por lo cual se recomienda practicar esta actividad, pero con el monitoreo constante de los sobreesfuerzos en el pitman. El ángulo de chancado tiene una variación de 21 a 26 grados en forma práctica, luego de los 26 grados puede presentar resbalamientos, pero lo más complicado del resbalamiento es que atora la boca de trituración y ello demora de 2 a 6 horas para el desatoramiento. La conceptualización matemática en los límites del ángulo de chancado se genera más en forma teórica, porque en la práctica para que se genere las condiciones de límites



no se cumpliría con el diseño mecánico entre la distancia del eje excéntrico y el labio inferior del forro fijo.

- El instalar un variador de velocidad en el alimentador vibratorio, nos permitió sintonizar la alimentación a la boca de trituración de la chancadora (se sintoniza el giro de su eje excéntrico a 750 RPM), para evitar atoramientos o paradas consecutivas que nos originen un retraso en la producción, por lo cual se recomienda esta actividad. El manual de operación nos indica que la variación de las revoluciones del eje excéntrico es de 500 a 800 RPM, por lo cual debemos trabajar en dicha banda, para evitar fatigas en el componente y/o llegar al fenómeno de resonancia.
- Instalar el sistema de regulación hidráulica nos permitió reducir el tiempo de regulación de la abertura de chancado de 2 horas a 30 minutos, y evitar daños a la persona, ya que esta actividad tiene un elevado riesgo, por lo cual se recomienda esta actividad. La contraparte de esta actividad es que la abertura de chancado no se mantiene constante (pero en nuestro caso no afectaba, porque la variación de esta abertura por desgaste era mayor; pero si se estaría obteniendo material con una banda granulométrica más restringida podría traer complicaciones porque el material podría salir del uso granulométrico deseado).

## BIBLIOGRAFIA

- a) Fueyo L. (1995), Equipos de Trituración y Molienda, Editorial Rocas y Minerales, España.
- b) Razumon K. Perov V. (1990), Proyectos de Fábricas de Preparación de Minerales, Editorial Mir, Rusia.
- c) Departamento de Geología Universidad de Oviedo de España (2003), Dureza a la Abrasión.  
[http://petro.uniovi.es/Docencia/Irc/Tema%2003%20Propiedades%20fisicas%20\(7\).pdf](http://petro.uniovi.es/Docencia/Irc/Tema%2003%20Propiedades%20fisicas%20(7).pdf) (Visitado en noviembre 2011).
- d) Hugo C. (1980), Análisis Mineralógico en la Industria Minera.  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/ing\\_geologo/n17\\_1980/a03.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/ing_geologo/n17_1980/a03.pdf) (Febrero 2012).
- e) Instituto Tecnológico Superior de Calkiní de México, Desgaste de Materiales.  
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r73632.PDF>  
(visitado en mayo 2012).

**ANEXOS**



NOMBRE DEL EQUIPO:

CHANCADORA PRIMARIA

HOROMETROS

H.INIC: H.FINAL:

DATOS DE EQUIPOS

MARCA	MODELO	Nº de Serie	AÑO DE FABRICACION	PLACA
TEREX	CEDARRAPID	52160		

ESPECIFICACIONES

CAPACIDAD	200 M3/H
LARGO	30"
ANCHO	20"
PESO	45 TON



	MOTOR TRITURADORA	MOTOR ALIMENTADOR
MARCA	WORLDWIDE	E - MASTER
POTENCIA	150 HP	25 HP
REVOLUCIONES	1190	1765

COMPONENTES DE EQUIPO

ITEM	CODIGO	COMPONENTE	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1		POLEA MOTRIZ TRITURADORA		UND	1
2		POLEA CONDUCCIDA TRITURADORA		UND	1
3		FAJA DE TRANSMISION TRITURADORA	5V - 3000	UND	6
4		MUELA FIJA		UND	1
5		MUELA MOVIL		UND	1
6		PLACA LATERAL SUPERIOR DERECHO		UND	1
7		PLACA LATERAL SUPERIOR IZQUIERDO		UND	1
8		PLACA LATERAL INFERIOR DERECHO		UND	1
9		PLACA LATERAL INFERIOR IZQUIERDO		UND	1
10		PERNOS SEGURO DE MUELA MOVIL	1" X 20" CABEZA CUADRADA	UND	6
11		PERNOS SEGURO DE MUELA FIJA		UND	0
12		PERNOS CHAQUETAS SUPERIOR	1"X7" CABEZA CUADRADA	UND	4
13		PERNOS CHAQUETAS INFERIOR	1"X7" CABEZA CUADRADA	UND	4
14		CUÑA		UND	1
15		TOGLE		UND	1
16		ASIEN TOGLE		UND	1
17		PERNO TENSOR DE PITMAN		UND	2
18		RESORTE		UND	2
19		VOLANTE DE INERCIA		UND	1
20		EJE EXCENTRICO		UND	1
21		RODAMIENTOS		UND	2
22		POLEA MOTRIZ		UND	1
23		POLEA CONDUCCIDA		UND	1
24		FAJA DE TRANSMISION	5V - 3000	UND	3
25		GRASA PARA PITMAN		UND	
26		GRASERAS DE PITMAN		UND	

Empresa /Compañia	Fecha	Parte del Proceso/Linea	Ubicación
FIRTH INDUSTRIES S A	02/03/2012	LINEA 02	PUCAMARCA - MINSUR