

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

# **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE EXPLOTACIÓN DE CUARCITA (SÍLICE).**

**Por:**

**Univ. Carlos Horacio Cortez Alemán**

Modalidad de graduación presentada a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química

**Octubre de 2017**

**TARIJA – BOLIVIA**

V° B°

---

Ing. Daniel Centeno  
**DOCENTE GUÍA**

---

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**DECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

---

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
**VICEDECANA FACULTAD  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

ING. RENE EMILIO MICHEL CORTES

---

ING. ERNESTO CAIHUARA

---

ING. IGNACIO VELÁSQUEZ

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

A mi Padre Víctor Carlos Cortez  
Ruiz a mi madre Claudia Alicia  
Aleman de Cortez y a mi  
hermana Maria Renee Cortez  
darles las gracias por todo el  
apoyo brindado para la  
elaboración de este trabajo

A mi docente guía y a los tribunales  
que gracias a sus observaciones se  
logró que se haga realidad un sueño.

## RESUMEN

El Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) compuesto que se encuentra en rocas llamadas Cuarzitas y que su uso se remota hace varios milenios, hoy no solo es empleado en la construcción o como materia prima para la elaboración de envases de vidrio o esmalte cerámico, sino que está en mercados como la metalúrgica y complemento principal de la tecnología inteligente.

Este proyecto de titulación de grado realiza un estudio técnico económico para la explotación de Cuarzita en el departamento de Tarija, en el cual se analiza materias primas en su forma geológica, mercados de aprovisionamiento, localización e ingeniería del proyecto, con su inversión requerida para la explotación del yacimiento de “EL SALVADOR” que almacena una cantidad aproximada de 9. 612 000,00 toneladas de Cuarzita.

El mercado objetivo del proyecto está constituido por la industria de esmalte cerámico y la planta en estudio de Pre factibilidad de envases de vidrio (VITROPAZ), a las cuales se les proveerá la materia prima (arena de sílice), permitiendo determinar la existencia de una demanda de la arena de sílice de 15 555,96 t/año para un primer año de producción aspecto de gran importancia por permitir inicialmente el ingreso al mercado en el cual su requerimiento es mayor en los próximos años en las industrias de la ciudad de Tarija.

La localización e instalación del proyecto fue realizado mediante un análisis de ponderación, siendo la zona de Camacho de la primera sección de la provincia Arce del departamento de Tarija la mejor opción por estar próximo al yacimiento de exploración.

La ingeniería del proyecto, determina un sistema de molienda por vía seca que funcionara en un sistema de circuito cerrado, el que toma en cuenta las características de las materia primas, insumos, maquinaria, equipos y servicios necesarios para los balances del diseño y dimensiones de la planta, su cronograma de instalación es reflejado en el estudio técnico económico social y ambiental (T.E.S.A.) junto con su cronograma del personal requerido para el funcionamiento de la planta.

El análisis de aspectos económicos del proyecto toma en cuenta las fases de pre inversión y la fase de inversión donde se encuentra los activos requeridos para su funcionamiento.

La Evaluación Económica del Proyecto, permitió determinar que el mismo presenta indicadores rentables ( $TIRF > TIRE$ ) con un **TIRF = 79.39 %** y con un **Beneficio/Costo (B/C) de 1.16** estableciendo que el proyecto es *económicamente factible y con un gran campo de desarrollo para el departamento de Tarija.*

## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES

El dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) un compuesto que se encuentra en la naturaleza en diversas formas siendo el de mayor proporción dentro de la naturaleza.

Se encuentra en rocas como cuarzo, cuarcitas, feldespato o en formas amorfas como el ágata, jaspe o el ónice y en depósitos de arenales con una menor de pureza.

El color de los cristales de dióxido de silicio varía por las impurezas que contienen en su interior, ya sean por el óxido de hierro o el óxido de aluminio, los cristales con un mayor grado de pureza poseen un color blanco.

Su uso se remonta hace varios milenios atrás en el mediterráneo, pero fueron realmente los romanos que le dieron un mayor uso, con el descubrimiento del vidrio soplado y el surgimiento de la industria vidriera hacia el año 20 antes de Cristo.

Una de las rocas con alto contenido de pureza del dióxido de silicio es la cuarcita, piedra natural que el hombre ha usado en la construcción desde hace siglos atrás por su resistencia y su forma estética para el decorado de viviendas.

Solo definir a la cuarcita como una roca puede ser tan pretencioso, necesariamente tenemos que referirnos a su composición, apariencia y desde un punto de vista, a su función y utilidad.

La cuarcita es un mineral de uso industrial de primera magnitud, que dispone de una enorme variedad de aplicaciones.

Su mayor uso y desarrollo se encuentra en la industria del vidrio, la misma que es empleada como materia prima fundamental en la composición y elaboración de sus productos, aportando en más del 58% de masa, este aporte es realizado o conocida también con el nombre de arena de sílice.

Además la cuarcita molida (arena de Sílice) encuentra múltiples usos en otras industrias como ser las cerámicas, pinturas, abrasivos (papel de lija), astronáutica (ventanas de alta dureza), filtros o purificadores de agua, industria química (preparación del fósforo y

distintos silicatos) y en países desarrollados la industria de la construcción utiliza una parte de la cuarcita molida para elaborar hormigones y fabricar ladrillos silíceos.

Su piezoelectricidad con mayor pureza genera una alta demanda en la electrónica (tecnología de vidrio inteligente), y en la joyería (en sus finas láminas usadas como osciladores para los relojes)

La producción minera a nivel mundial del dióxido de silicio en los últimos años ha sufrido un crecimiento muy importante en los continentes de Europa y América, y en especial en Latinoamérica que se usa como materia prima para la elaboración de vidrio y esmalte cerámico desarrollando esta industria en países como México, Perú, Argentina y Bolivia.

**Tabla N° 1**

**PRODUCCIÓN MINERA MUNDIAL DE DIOXIDO DE SILICIO INDUSTRIAL  
(kt)**

<b>PAISES</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Sub total Unión Europea</b>	51958	52975	53500	54238	51.105	49.387	46.658	44.160	43923	43462	43006
<b>Sub total Iberoamérica</b>	4917	5719	5942	6172	5.109	5127	5027	5784	5653	5702	5752
<b>Sub total Otros Países</b>	51022	50942	52300	52187	48637	53769	71.126	77.284	89100	92193	95393
<b>Sub total resto Países</b>	2108	2252	1556	1561	3484	3422	3.555	2.857	3416	3511	3609
<b>Total Mundial</b>	110005	111888	113298	114158	108335	111705	126366	130085	142092	144868	147760

Fuentes: Minerals Yearbook 2015 (Silica), USGS; Producen también: Belice, Bosnia-Herzegovina, Croacia, Egipto, Eritrea, Estonia, Etiopía, Islandia, Indonesia, Israel, Jamaica, Jordania, Kenia, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Filipinas, Serbia - Montenegro, Zimbawe, Bolivia

Como se ha detallado el dióxido de Silicio ha sido un compuesto muy importante para el desarrollo y progreso de la humanidad el mismo que tiene un presente de necesidad hoy en día, y con un gran futuro para las aplicaciones de las nuevas tecnologías.

Hoy en día su uso no está siendo orientado solo en la construcción o como materia prima sino que se está obteniendo a partir de ella lo que se conoce como el **silicio metalúrgico** (que es el silicio que se separa de la cuarcita en un proceso metalúrgico de reducción,

donde la roca es introducida en hornos de arco eléctrico junto al carbón para romper los enlaces entre el silicio y el oxígeno y de esta forma obtener un silicio de pureza de más del 99% ) apto para la metalúrgica y el uso de las bombillas de luz las mismas que pueden llegar a tener una vida útil de 20 años, generando una reducción en costos a las personas, industrias y al medio ambiente por la contaminación de los tubos fluorescentes.

**Figura 1**

**CUARCITA DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

**DEPOSITO DE “EL SALVADOR”**



**Fuente:** Cuarcita del yacimiento “El Salvador” Primera sección de la provincia arce departamento de Tarija

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio Técnico económico para la Explotación de la Cuarcita (Sílice) en el Departamento de Tarija.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la materia prima geológicamente.
- Realizar un estudio de mercado en la ciudad de Tarija, oferta y demanda de sílice Molida.
- Definir el Tamaño y localización de la planta.
- Analizar las alternativas Tecnologías existentes para la producción de arena de sílice
- Elegir el proceso de las distintas alternativas tecnológicas
- Realizar la ingeniería de proyecto, dimensionar los equipos de la planta de sílice
- Determinar la inversión y el programa de producción por año.
- Evaluar el proyecto económicamente financiero y social.

### **JUSTIFICACIÓN**

El estudio del presente proyecto se debe a que en el departamento de Tarija existen depósitos muy importantes de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), que se encuentran en los depósitos de rocas llamadas cuarcitas que se generaron por la compresión de los mantos marinos que existían hace miles de años atrás en el departamento de Tarija.

Estos depósitos potenciales de cuarcitas que se encuentran distribuidos en el Departamento de Tarija fueron descubiertos por el Ing.: Daniel Centeno, Geólogo reconocido y que en sus varias exploraciones y acampamientos dio con estos depósitos en las Provincias de Arce, Gran Chaco y O' Connor.

Debido a los estudios realizados durante varios años por el Ing.: Daniel Centeno el mismo que ha caracterizado los distintos yacimientos, determinó que uno de los más grandes depósitos y con la pureza más elevada, es el que está ubicado en la Primera Sección de la

Provincia Arce del departamento de Tarija, más concretamente en la zona de Camacho el mismo que lo ha bautizado con el nombre de **“EL SALVADOR”** y que por los cálculos realizados albergaría aproximadamente una cantidad de 9.612 000, 00 Toneladas de cuarcita para su explotación y comercialización.

Este proyecto ve la posibilidad de realizar la molienda de la roca cuarcita en la Provincia Arce para obtener como producto de esta molienda la Arena de Sílice, que sería comercializada en el mercado regional como materia prima para la elaboración de envases de vidrio y esmalte cerámico (FRITAS), y que en un futuro existiría la posibilidad de proveer la arena de sílice a otros mercados como el nacional y el extranjero.

El proyecto promueve nuevas alternativas importantes para el futuro y desarrollo de las empresas en el Departamento de Tarija, con una modalidad diferente de ingreso para el desarrollo del que en la actualidad ve sus mayores ingresos de la parte hidrocarburífera.

El proyecto aportará materia prima básica como la arena de sílice para las industrias de esmalte cerámico y envases de vidrio, pero a su vez deja nuevas tendencias y alternativas para nuevos campos de aplicación de obtención del Silicio puro, aplicación de tecnología inteligente, ya que el mismo es requerido para la elaboración de estas nuevas tecnologías que hoy en día son muy requeridas y comercializadas.

Esto creará un efecto de impacto multiplicador tanto en el aspecto social y económico-financiero, generando mayores fuentes de trabajo de forma directa como indirecta favoreciendo a los profesionales como a la sociedad en general, convirtiendo así al departamento de Tarija en un polo importante para el desarrollo de la industria nacional y como una alternativa productiva que generara una fuente diferente para el desarrollo macroeconómico del Estado Plurinacional de Bolivia.



## ÍNDICE

ADVERTENCIA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
PENSAMIENTO. ....	iv
RESUMEN.....	v

## INTRODUCCIÓN

	<b>Páginas</b>
ANTECEDENTES .....	1
OBJETIVOS .....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	4
JUSTIFICACIÓN .....	4

## CAPÍTULO I

### ESTUDIO DE MERCADO

1.1 GENERALIDADES .....	7
1.2. ESTRUCTURA DEL MERCADO REGIONAL.....	10
1.3. DESCRIPCION Y ESPECIFICACIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	10
1.3.1. MATERIAS PRIMA CUARCITA .....	10
1.3.2. PRODUCTO ARENA DE SILICE.....	12
1.4. ANÁLISIS OFERTA Y DEMANDA.....	13
1.4.1. OFERTA Y DEMANDA DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	13

1.4.2. OFERTA Y DEMANDA DEL PRODUCTO .....	15
1.4.2.1. DEMANDA ARENA DE SILICE EMPRESA FRITAS TARIJA .....	17
1.4.2.2. DEMANDA DE ARENA DE SILICE EMPRESA DE VIDRIO .....	19
1.5. DESCRIPCION GEOGRAFICA DEL MERCADO.....	23
1.6. ANÁLISIS DE PRECIOS: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO .....	24
1.7. PROYECCIONES DEL MERCADO.....	24
1.7.1. METODO DE LA LINEA DE TENDENCIA O REGRESION.....	25
1.8. POLITICAS DE COMERCIALIZACION .....	28

## **CAPÍTULO II**

### **TAMAÑO Y JUSTIFICACIÓN**

2.1 JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO .....	30
2.2. JUSTIFICACION DE LA LOCALIZACIÓN.....	31
2.2.1. MACRO LOCALIZACIÓN .....	31
2.2.2. MICRO LOCALIZACIÓN .....	32
2.2.3. ASIGNACIÓN DE VALORES PONDERADOS DE PESO RELATIVO.....	34
2.2.4. ESCALA DE CALIFICACIÓN .....	34
2.2.5. CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	35
2.3. FACTORES DETERMINANTES DE LA LOCALIZACION.....	36

## **CAPÍTULO III**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS .....	39
3.1.1. CARACTERISTICAS TECNICAS DE MATERIA PRIMA CUARCITA .....	39

3.1.2. CARACTERISTICAS TECNICAS DE PRODUCTO.....	40
3.2. DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES PROCESOS PARA LA PRODUCCION DE ARENA DE SILICE.....	41
3.2.1. SISTEMA DE MOLIENDA EN CIRCUITO CERRADO .....	41
3.2.2. SISTEMA DE MOLIENDA EN CIRCUITO ABIERTO .....	42
3.3. SELECCIÓN DEL PROCESO A DISEÑAR.....	44
3.4. DISEÑO DEL PROCESO.....	48
3.4.1. RECEPCION, PESAJE DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	48
3.4.2. ACOPIO DE MATERIAS PRIMAS.....	49
3.4.3. MOLIENDA PRIMARIA .....	49
3.4.3.1. CRIBADO DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	49
3.4.3.2 TRITURACION O CHANCADO .....	50
3.4.3.2.1 VELOCIDAD ANGULAR DEL CHANCADOR BLAKE.....	52
3.4.3.2.2. CAPACIDAD DE PRODUCCION CHANCADOR BLAKE.....	53
3.4.3.2.3 ENERGIA PARA EL ACCIONAMIENTO DEL CHANCADOR.....	53
3.4.3.2.4. TAMIZADO A LA SALIDA DEL CHANCADOR.....	54
3.4.3.4. MOLIENDA SECUNDARIA.....	55
3.4.4.1. MOLINO DE BOLAS .....	55
3.4.4.1.1 POTENCIA EXIGIDA POR EL MOLINO DE BOLAS.....	56
3.4.4.1.2 DIMENSIONES ÓPTIMAS DEL MOLINO DE BOLAS.....	57
3.4.4.1.3 VELOCIDAD DE ROTACION CRÍTICA DEL MOLINO .....	59
3.4.4.1.4 PESO TOTAL DE LOS CUERPOS MOLEDORES.....	60
3.4.4.1.5 CAUDAL DE LOS MOLINOS DE BOLAS.....	61
3.4.4.1.6 VOLUMEN DE LLENADO DE BOLAS.....	62

3.4.4.1.7 CUERPOS MOLEDORES.....	63
3.4.4.2 SEPARADOR ESTÁTICO DE AIRE .....	64
3.4.4.2.1 SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL SEPARADOR .....	65
3.4.4.2.2 DIMENSIONES DEL SEPARADOR.....	66
3.4.4.3 CICLÓN.....	66
3.4.4.3.1 DIMENSIONES DEL CICLON .....	68
3.4.4.3.2 EFICIENCIA DE COLECCIÓN DEL CICLON.....	72
3.4.4.3.3 CAIDA DE PRESION DEL CICLON.....	73
3.4.4.3.4 SELECCIÓN Y POTENCIA DEL VENTILADOR .....	74
3.4.4.4 ELEVADOR DE CANGILONES.....	75
3.4.4.4.1 POTENCIA DEL ELEVADOR DE CANGILONES .....	77
3.4.5 SEPARACION.....	78
3.4.5.1 COLECTOR DE FILTROS DE TELA.....	78
3.4.5.2 IMAN ELEVADOR.....	79
3.4.5.3 ALMACENAJE Y CARGUIO.....	79
3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA .....	80
3.6. BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO .....	81
3.6.1 BALANCES EN LA MOLIENDA PRIMARIA.....	81
3.6.2. BALANCES EN LA MOLIENDA SECUNDARIA.....	88
3.6.3 BALANCES EN LA SEPARACION .....	95
3.7 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES.....	103
3.7.1. DISEÑO DE LA CHANCADORA .....	103
3.7.2 DISEÑO DEL MOLINO DE BOLAS .....	104

3.7.3. DISEÑO DEL SEPARADOR.....	110
3.7.4. DISEÑO DEL CICLÓN .....	111
3.7.5. DISEÑO DEL ELEVADOR DE CANGILONES.....	119
3.8. SERVICIOS AUXILIARES.....	124
3.8.1. ENERGIA ELECTRICA.....	124
3.8.2. CONSUMO DE AGUA .....	125
3.8.3. CONSUMO DE GASOLINA Y DIESEL .....	127
3.9. CRONOGRAMA DE EJECUCION.....	128
3.10. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	129
3.10.1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA .....	130
3.10.2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES CARGOS .....	131

## **CAPÍTULO IV**

### **ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO**

4.1. COMPONENTES DE LA INVERSION .....	135
4.1.1. INVERSIÓN FIJA .....	135
4.1.2. TERRENO .....	135
4.1.3. MAQUINARIAS Y EQUIPOS .....	135
4.1.4. MUEBLES Y ENSERES .....	137
4.1.5. EDIFICIOS .....	139
4.1.6. MATERIALES DIRECTOS E INDIRECTOS.....	140
4.1.7. DETALLE DE MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA.....	141
4.1.8. VEHÍCULOS.....	142
4.1.9. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS .....	142

## **CAPÍTULO V**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO**

5.1. INTRODUCCIÓN.....	145
5.2. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS ECONÓMICOS.....	145
5.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	145
5.2.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	146
5.2.3 EFECTO PALANCA.....	147
5.3. PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL.....	148
5.4. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO .....	148
5.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	149

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1. CONCLUSIONES .....	151
6.2. RECOMENDACIONES .....	152

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>154</b>
-----------------------------------	------------

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabla I-1.</b> Producción mundial de dióxido de silicio industrial (kt).....	2
<b>Tabla I-2.</b> Consumo de dióxido de silicio empresas bolivianas (t/mes).....	8
<b>Tabla I-3.</b> Propiedades de la cuarcita.....	11
<b>Tabla I-4.</b> Clasificación de arenas por su distribución granulométrica.....	12
<b>Tabla I-5.</b> Yacimientos de cuarcita.....	14
<b>Tabla I-6.</b> Análisis de estratos del yacimiento “el salvador”.....	14
<b>Tabla I-7.</b> Precio de la arena de sílice puesta en planta de procesamiento. ....	15
<b>Tabla I-8.</b> Gastos transporte Uyuni-Tarija camión de 12 cubos.....	15
<b>Tabla I-9.</b> Días de recorrido carretera Potosí-Tarija.....	16
<b>Tabla I-10.</b> Gestión 2015. ....	16
<b>Tabla I-11.</b> Gastos por transporte Cochabamba-Tarija camión de 12 cubos .....	16
<b>Tabla I-12.</b> Días de recorrido por carretera Cochabamba - Tarija. ....	17
<b>Tabla I-13.</b> Gasto de los ofertantes de arena de sílice y días de traslado. ....	17
<b>Tabla I-14</b> Demanda de fritas blancas en Bolivia.....	18
<b>Tabla I-15.</b> Formula de frita blanca para una tonelada de producción.....	18
<b>Tabla I-16.</b> Demanda de arena de sílice por fritas.....	19
<b>Tabla I-17A.</b> Cantidad de envases de vidrio y masa de vidrio.....	20
<b>Tabla I-17B.</b> Cantidad de envases de vidrio y masa de vidrio.....	21
<b>Tabla I-18.</b> Composición materias primas y vidrio de desecho para fabricación de envases de vidrio .....	22
<b>Tabla I-19.</b> Demanda de arena de sílice para la elaboración de envases de botellas .....	22
<b>Tabla I-20.</b> Precio de extracción de áridos (Bs/m <sup>3</sup> ). ....	24

<b>Tabla I-21.</b> Demanda de arena de sílice.....	26
<b>Tabla II-1.</b> Valores ponderados de peso relativo.....	34
<b>Tabla II-2.</b> Calificación de factores ponderados .....	35
<b>Tabla II-3.</b> Resumen de la localización zona de Camacho .....	37
<b>Tabla III-1.</b> Características Técnicas de Materia Prima.....	39
<b>Tabla III-2.</b> Características Técnicas de Producto .....	40
<b>Tabla III-3.</b> Descripción de los procesos existentes .....	43
<b>Tabla III-4.</b> Análisis comparativo de procesos .....	44
<b>Tabla III-5A.</b> Ventajas y desventajas de equipos para molienda por vía seca .....	45
<b>Tabla III-5B.</b> Ventajas y desventajas de equipos para molienda por vía seca .....	46
<b>Tabla III-5C.</b> Ventajas y desventajas de equipos para molienda por vía seca .....	47
<b>Tabla III-6A.</b> Resumen de Valores de Balance de Materia .....	99
<b>Tabla III-6B.</b> Resumen de Valores de Balance de Materia .....	100
<b>Tabla III-6C.</b> Resumen de Valores de Balance de Materia .....	101
<b>Tabla III-6D.</b> Resumen de Valores de Balance de Materia .....	102
<b>Tabla III-7.</b> Descripción de las bolas por tamaño .....	110
<b>Tabla III-8A.</b> Resumen de valores de diseño .....	122
<b>Tabla III-8B.</b> Resumen de valores de diseño .....	123
<b>Tabla III-8C.</b> Resumen de valores de diseño.....	124
<b>Tabla III-9.</b> Consumo de Energía Eléctrica Año (Kw) .....	125
<b>Tabla III-10.</b> Costos de Energía Eléctrica (\$us).....	126
<b>Tabla III-11.</b> Consumo de Agua Anual por Punto (Bs).....	127
<b>Tabla III-12.</b> Costos de Agua Potable (\$us) .....	127

<b>Tabla III-13.</b> Consumo Combustible (l).....	128
<b>Tabla III-14.</b> Costos de Combustible Gasolina - Diésel .....	129
<b>Tabla IV-1.</b> Costo de Máquinas y Equipos (\$us) .....	138
<b>Tabla IV-2A</b> Costos de Muebles y Enseres (\$us) .....	139
<b>Tabla IV-2B</b> Costos de Muebles y Enseres (\$us).....	140
<b>Tabla IV-3.</b> Detalle de Obras Civiles e Instalaciones (\$us) .....	141
<b>Tabla IV-4.</b> Materiales directos e indirectos (\$us) .....	142
<b>Tabla IV-5.</b> Detalle de mano de obra directa e indirecta (\$us) .....	143
<b>Tabla IV-6.</b> Coto de vehículos (\$us).....	144
<b>Tabla IV-7.</b> Costo de materias primas e insumos (\$us).....	144
<b>Tabla V-1.</b> Calculo de flujo de la TIRE .....	149
<b>Tabla V-2.</b> Calculo de flujo de la TIRF .....	149
<b>Tabla V-3.</b> Efecto palanca .....	150
<b>Tabla V-4.</b> Relación beneficio/costo.....	151
<b>Tabla V-5.</b> Efecto palanca de sensibilidad .....	151

### ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO I.1.</b> Demanda Proyectada para la arena de Sílice .....	27
<b>CUADRO III.1.</b> Cronograma de ejecución.....	130

### ÍNDICE DE DIAGRAMAS

<b>Diagrama III-1.</b> Sistema de Molienda Circuito Cerrado .....	41
<b>Diagrama III-2.</b> Sistema de Molienda Circuito Abierto.....	42

<b>Diagrama III-3.</b> Diagrama de Flujo de la Planta.....	80
<b>Diagrama III-4.</b> Organigrama de la empresa .....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cuarcita del Departamento de Tarija Deposito “El Salvador” .....	3
<b>Figura 3.1.</b> Interrelación de procesos de molienda .....	48
<b>Figura 3.2.</b> Mecanismos de aplicación de fuerzas .....	50
<b>Figura 3.3.</b> Accionamiento Trituradora Blake.....	52
<b>Figura 3.4.</b> Tamiz Hummer de Vibración Eléctrica .....	54
<b>Figura 3.5.</b> Dimensiones Óptimas para un Molino de Dos Cámaras .....	57
<b>Figura 3.6.</b> Molino de Bolas de Tipo Rejilla Marcy.....	58
<b>Figura 3.7.</b> Formas de Recubrimiento de Molino de Bolas.....	58
<b>Figura 3.8.</b> Representación grafica de la velocidad angular critica .....	59
<b>Figura 3.9.</b> Llenado de los Cuerpos moledores según Lewenson .....	62
<b>Figura 3.10.</b> Movimiento de cuerpos moledores .....	63
<b>Figura 3.11.</b> Esquemas de Alimentación y Descarga de Molinos .....	64
<b>Figura 3.12.</b> Separador estático de aire .....	65
<b>Figura 3.13.</b> Mecanismo de colección de partículas en un ciclón .....	67
<b>Figura 3.14.</b> Vórtices en el ciclón .....	68
<b>Figura 3.15.</b> Dimensiones del ciclón .....	69
<b>Figura 3.16.</b> Elevador de Cangilones .....	77
<b>Figura 3.17.</b> Colector de filtros de tela .....	78
<b>Figura 3.18.</b> Tipos de imanes elevadores .....	79

# CAPÍTULO I

## CAPÍTULO I

### ESTUDIO DE MERCADO

#### 1.1 GENERALIDADES.-

Hoy en día es difícil de imaginar un mundo en el que no se usa la arena de sílice, ya sea en la elaboración de un simple vaso para uso doméstico o en algo más complejo como las ventanas de alta dureza de los cohetes espaciales o en el uso de tecnología de pantallas inteligentes. Esta cadena productiva genera un desarrollo económico muy importante en los países que la vieron como una alternativa de crecimiento.

La producción de arena de sílice a nivel mundial por Kilo-Toneladas (kt) producidas es la que se presenta a continuación:

**Tabla I-1**

#### PRODUCCIÓN MINERA MUNDIAL DE DIOXIDO DE SILICIO INDUSTRIAL (kt)

PAISES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Sub total Unión Europea</b>	51958	52975	53500	54238	51.105	49.387	46.658	44.160	43923	43462	43006
<b>Sub total Ibero américa</b>	4917	5719	5942	6172	5.109	5127	5027	5784	5653	5702	5752
<b>Sub total Otros Países</b>	51022	50942	52300	52187	48637	53769	71.126	77.284	89100	92193	95393
<b>Sub total resto Países</b>	2108	2252	1556	1561	3484	3422	3.555	2.857	3416	3511	3609
<b>Total Mundial</b>	110005	111888	113298	114158	108335	111705	126366	130085	142092	144868	147760

Fuentes: Minerals Yearbook 2015 (Silica), USGS; Producen también: Belice, Bosnia-Herzegovina, Croacia, Egipto, Eritrea, Estonia, Etiopía, Islandia, Indonesia, Israel, Jamaica, Jordania, Kenia, Nueva Caledonia, Nueva Zelanda, Filipinas, Serbia - Montenegro, Zimbawe, BoliVIA

El costo de la arena de sílice el año 2014 era de 295 €por tonelada puesta en planta en la Unión Europea este costo se incrementó hasta julio del 2015 a un precio de 375 €por tonelada y con una tendencia a seguir subiendo en el mercado por los siguientes años.

La arena de sílice es demandada por dos rubros importantes en Bolivia, el primero para la elaboración de esmalte cerámico (Fritas) que se trasladó del departamento de Tarija a el departamento de Cochabamba debido a la falta de materia prima y el segundo de elaboración de envases de vidrio en el departamento de Cochabamba (VIDRIOLUX) (Ver **Tabla I-2**) que se potenció ante el cierre de la fábrica de vidrio que se encontraba en el departamento de Tarija que en la actualidad se licita la reapertura.

**Tabla I-2**

**CONSUMO DIOXIDO DE SILICIO EMPRESAS BOLIVÍANAS (t/mes)**

<b>AÑO</b>	<b>EMPRESAS</b>		
	<b>FRITAS (t/mes)</b>	<b>VIRIOLUX (t/mes)</b>	<b>TOTAL (t/mes)</b>
<b>2005</b>	61,76	2 100,00	2 161,76
<b>2006</b>	66,42	2 190,00	2 256,42
<b>2007</b>	71,08	2 250,00	2 321,08
<b>2008</b>	75,97	2 340,00	2 415,91
<b>2009</b>	80,63	2 400,00	2 480,63
<b>2010</b>	85,05	2 496,00	2 581,05
<b>2011</b>	89,47	2 596,00	2 685,47
<b>2012</b>	94,13	2 662,00	2 757,13

Fuente: Información de FRITAS y VIDRIOLUX desde Gestión 2005 a Gestión 2012

El estudio de mercado propuesto para esta tesis se concentra en el contacto con las industrias que participan en la cadena de elaboración actual de productos a base de arena de sílice, como el esmalte cerámico (FRITA) y para la elaboración de envases de vidrio.

La información de la demanda histórica como la actual genera datos importantes para obtener esta materia prima junto con la reactivación de la fábrica de vidrio del departamento de Tarija.

Se ha propuesto que la información recolectada sobre el mercado será de origen primario, aunque en algunos casos la información secundaria puede ser muy útil.

El estudio de mercado contempla las siguientes etapas

- a. Definición de objetivos.
- b. Desarrollo del plan de investigación.
- c. Recolección de información.
- d. Procesamiento y análisis de datos.

**a. Definición de objetivos.**

El primer objetivo es el de identificar las oportunidades de mercado a nivel local, (ciudad de Tarija) para el procesamiento de la arena de sílice en la zona de objeto de estudio.

El segundo objetivo es el de capturar la información sobre las condiciones de compra y venta la arena de sílice, que representen oportunidades de mercado.

**b. Desarrollo del plan de investigación.**

El estudio se realiza en base a las metodologías de la investigación exploratoria y concluyente.

**b.1 Investigación Exploratoria**

La investigación exploratoria está diseñada para obtener un análisis preliminar de la situación con un mínimo de costo y de tiempo. Se utilizó el método de entrevista directa y convenios con las industrias a estudio. Como así también el método histórico para ver el comportamiento de crecimiento. Esto incluye las fuentes secundarias de información, observación, entrevistas con los dueños y propietarios de las industrias a estudio.

**b.2 Investigación Concluyente.**

Se la realiza con la finalidad de conocer las características, variables y relaciones fundamentales que intervienen en un determinado objeto de estudio, que después de analizar e interpretar datos permite la toma de decisiones definitivas, en términos de materiales o económicos.

**c. Recolección de Información.**

Se usó información técnica con las industrias que requieren este producto:

- La Empresa de Esmalte Cerámico (FRITAS) por motivos de falta de Materia Prima (arena de sílice) tuvo que trasladarse al departamento de Cochabamba, su propietario el Sr. Edwin Calustro manifiesta de existir un proveedor de materia prima en el departamento de Tarija, volvería a reactivar la fábrica para expandirse a nuevos mercados nacionales como FABOCE e internacionales como Argentina y Paraguay.
- La Gobernación en convenio con el Gobierno Nacional está desarrollando el estudio de Factibilidad de la planta de vidrio que ya se encuentra licitado, el interés de la reactivación de la fábrica se debe al crecimiento de las empresas vineras que se tiene en la actualidad en el departamento de Tarija.

#### **d. Procesamiento y análisis de datos.**

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizaron los siguientes métodos:

- 1°. El método deductivo.
- 2°. El método inductivo.
- 3°. El método comparativo.

### **1.2 ESTRUCTURA DEL MERCADO REGIONAL**

El estudio de mercado de la arena de sílice considera como demanda directa la ex fábrica de esmaltado cerámico (FRITAS) que se encontraba ubicada en la Zona de San Jorge II y la planta de envases de vidrio en estudio de factibilidad que se instalará en la zona del Portillo. Las dos en el municipio de Cercado de la Ciudad de Tarija.

- **FRITAS:** provee 2 520 t/año de esmalte cerámico a las diferentes industrias cerámicas como GLADYMAR, CERABOL y otra parte al mercado Brasileiro, la composición del esmalte cerámico es de un 40.5 % de Arena de Sílice aproximadamente unas 85.5 t/mes de Arena de Sílice.
- **FABRICA DE VIDRIO TARIJA:** proveerá 17 901.80 t/año de envases de vidrio en sus diversos tamaños y colores a industrias como serVinos y Singani (Vilte, Kohlberg, Campos de Solana, Aranjuez, La Concepción, Casa Grande, Rujero, Casa Real), EMBOL

TARIJA, Cervecerías(ASTRA, La Potosina y La Sureña), para esta producción el 52.95 % es Arena de Sílice (779.10 t/mes).

### 1.3 DESCRIPCIÓN Y ESPECIFICACIONES DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

#### 1.3.1 MATERIA PRIMA CUARCITA

La materia prima a estudio es la Cuarcita, que sufrirá un proceso de trituración y posteriormente un proceso de molienda para la obtención de la arena de Sílice, la misma que será entregada a las empresas de FRITAS y FABRICA DE VIDRIO TARIJA.

La Cuarcita mineral no metálico compuesto por silicio y oxígeno ( $\text{SiO}_2$ ) en proporción de uno a dos. Estas se las puede encontrar en distintos tamaños, formas y colores, siendo el color la principal característica de grado de pureza de las rocas.

**Tabla I-3**  
**PROPIEDADES DE LA CUARCITA**

<b>Nombre de la roca o piedra:</b> Cuarcita
<b>Tipo básico:</b> Metamórfica
<b>Grupo:</b> Calizas o cuarzos
<b>Sistema Cristalino y Estructura:</b> La cuarcita está constituida por cristales de cuarzo íntimamente soldados, a menudo indentados y entrelazados.
<b>Composición química:</b> Casi exclusivamente cuarzo, escasa hematites y sericita Sílice: 98.5% Feldespatos: <1% Resto: Goethita, pirolusite e illita
<b>Formación u origen:</b> Se originan por transformaciones causadas por altas presiones o temperaturas y son rocas metamórficas, formadas exclusivamente por cuarzo. Derivan del metamorfismo sobre areniscas y en algunas ocasiones tiene un origen metasomático.
<b>Peso específico:</b> 2.67 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Absorción:</b> 0.3; (Después de inmersión en agua a la temperatura y presión ordinaria)
<b>Dureza:</b> 7 (Prueba de dureza de Dorry, Bol. No. 949 del Depto. De Agricultura de E.U.)
<b>Tenacidad:</b> 16 KJ/m <sup>2</sup>
<b>Compresión:</b> 2038 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Molturabilidad :</b> 2,90
<b>Flexión:</b> 377 kg/m <sup>2</sup>

<b>Desgaste:</b> 0.15kp/cm
<b>Textura:</b> Estas son típicas de los interiores de las coladas de lava, bombas volcánicas y lavas submarinas.
<b>Color:</b> Varios: Claro, gris, amarillo, blanco, roja
<b>Propiedades:</b> Durabilidad y noble aspecto, escasa absorción de agua; puede ser exfoliada. Tenacidad y más gruesa que el sílex.
<b>Observaciones particulares:</b> Extraordinariamente abundante en la naturaleza; también en la Península Ibérica. Aparecen utilizados desde la Prehistoria.

FUENTE: <http://members.tripod.com/Arturobola/silice.htm>

### 1.3.2 PRODUCTO ARENA DE SÍLICE

Para que las arenas de sílice sean de buena calidad deben satisfacer dos exigencias fundamentales ya sea para la producción de vidrio o de esmaltado cerámico:

- 1. Exigencia:** pobres en hierro.
- 2. Exigencia:** el tamaño del grano de la arena debe mantenerse entre 0.1 mm y 0.3 mm.

Cuando el grano es más vasto, más de 0.5 – 1 mm la fusión se hace con dificultad y hay formación de “piedras” en el vidrio; si el grano es demasiado pequeño, por debajo de 0.1 mm se retarda la clarificación de la masa.

La tabla I-4 muestra la distribución granulométrica de arenas de tamaño grueso, medio, fino y muy fino empleada para vidrios.

Las arenas de buena calidad son sometidas a un tratamiento basado en su lavado, y tamizado. Para mejorar su calidad hay que eliminar por completo los compuestos de hierro que contenga; esto se realiza de diferentes maneras, químicamente por disolución en ácido (HCl), y por la vía mecánica, por separación magnética, aunque este último se utiliza muy poco.

**Tabla I-4**  
**CLASIFICACIÓN DE ARENAS POR SU DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**

Tamaños de grano (mm)	FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS (PESO %)			
	Arenas gruesas	Arenas medias	Arenas finas	Arenas muy finas
> 1.0	Max. 1	-----	-----	-----

1.0 – 0.5	5-10	Max.1	-----	-----
0.5 – 0.355	15-35	5-15	Max.1	-----
0.355 – 0.25	25-35	30-50	15-30	Max.1
0.25-0.125	20-30	40-60	60-80	80-90
0.125-0.063	0-1	0-2	2-5	10-20
< 0.063	-----	-----	Max.1	Max.3

FUENTE: Tecnología e cementos, vidrios y cerámica. Blanco Álvarez Francisco, Fernández Cabal, Gonzalo Antonio Manuel. Ingeniería de minas Universidad de Oviedo. 2006

## **1.4 ANÁLISIS DE LA OFERTA Y DEMANDA:**

### **1.4.1 OFERTA Y DEMANDA DE LA MATERIAS PRIMAS**

La materia prima usada para el estudio es la cuarcita, esta se encuentra en el departamento de Tarija en la zona de Camacho de la primera sección de la provincia Arce, este depósito presenta las cuarcitas en su forma de rodados, siendo el más importante por el tamaño y por el alto grado de pureza de SiO<sub>2</sub> el yacimiento de “EL SALVADOR”. Ver **Tabla I-5** y **Tabla I-6**

### **GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO**

El depósito de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), con un alto porcentaje de pureza se encuentra ubicado en el extremo sur de la cordillera oriental de la provincia Arce del departamento de Tarija.

Las actuales características estructurales, son el resultado, principalmente de los movimientos tectónicos de este ciclo andino.

La sedimentación Paleozoica posee características de una cuenca de Trasarco y su profundización es mayor hacia la parte Septentrional del área; en cambio el sector sur, presenta características de subsidencia marina somera, como consecuencia de la influencia de un alto paleo geográfico (Macizo Pampeano), emergido durante el Precámbrico y Cámbrico).

El depósito de cuarcita, formado inicialmente en un ambiente marino somero, tiene un ancho que varía entre los 500 m a 700 m, con una longitud de 20 000 m y un alto aflorante de 300 m.

La litología, está compuesta por: gruesos estratos de areniscas cuarcitas blanquecinas y delgados estratos de lutitas y limonitas gris verdosas.

La cuarcita tiene una fractura lisa y se encuentra con mayor frecuencia entre rocas antiguas, como las de los sistemas cámbricos y precámbricos

La explotación de este gran depósito de Dióxido de Silicio, podría realizarse a dos niveles.

El primer nivel, de fácil accesibilidad, depositado a lo largo de quebradas, de 2 a 3 km de longitud y 50 m de ancho promedio, en los cuales se encuentran bloques de cuarcitas de diferentes tamaños. Ver planos de yacimiento en Anexo I

La litología, está compuesta por: gruesos estratos de areniscas cuarcitas blanquecinas y delgados estratos de lutitas y limonitas gris verdosas.

El segundo nivel, con una longitud de 20 000 m, se encuentra en la serranía, con diferencias de altura de 300 m a 400 m de la cuarcita aflorante y un ancho de 300 m, que sería explotada a cielo abierto una vez acabado el primer nivel de explotación.

La petición de este yacimiento se la realizaría mediante una concesión de extracción de áridos en el municipio de la primera sección de la provincia Arce y los pasos para la petición del mismo estarán sometidos mediante el reglamento de la ley municipal de áridos N° 08/14.

**Tabla I-5**

**YACIMIENTOS DE CUARCITA**

<b>YACIMIENTO</b>	<b>TAMAÑO</b> <b>Escala 1:40000 (Cuadriculas)</b>
LA HUERTA (LH-1)	13
DIEGO (LH-2)	11
DANIEL (LH-3)	14
EL SALVADOR (LH-4)	31

Fuente: SILETY topógrafo Cecilio Poma Roque

**Tabla I-6**

**ANÁLISIS DE ESTRATOS DEL YACIMIENTO “EL SALVADOR”**

<b>RESULTADOS</b>	<b>Parámetros</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Fe</b>
	<b>Fecha de ensayo</b>		2007-03-09

		Unidades	(%)	(%)
Código	Código	Método	Grav	AAS
Cliente	Laboratorio	LD	0.5	0.03
LH-1	1068		96.6	0.42
LH-2	1069		96.5	0.33
LH-3	1070		95.9	0.40
LH-4	1071		96.7	0.35

Fuente: SILETY análisis realizado en la Universidad Técnica de Oruro

## 1.4.2 OFERTA Y DEMANDA DEL PRODUCTO

### ARENA DE SÍLICE

Se tiene dos ofertantes de Arena de Sílice en Bolivia uno de ellos se encuentra en el Departamento de Potosí produciendo anualmente unos 5280 kg de Arena de Sílice mientras que el otro ubicado en el Departamento de Cochabamba el miso que provee a la empresa VIDRIOLUX alrededor de 60 t/día arena de Sílice.

En la anterioridad en el departamento de Tarija existía la Oferta de arena de Sílice por las Pampas de Taxara, que debido a su alto contenido de impurezas como Hierro y tierra hacia que se produzca una mala cristalización y color del Vidrio.

Se ha analizado a la oferta de la competencia tomando en cuenta los precios de venta de fábrica, el transporte y los días de demora para trasladar al producto

#### *Ofertante 1.- Potosí (Uyuni):*

**Tabla I-7**

### PRECIO DE LA ARENA DE SÍLICE PUESTA EN PLANTA DE PROCESAMIENTO

DESCRIPCIÓN DE NANDINA	KILOGRAMOS NETOS ANUAL	VALOR \$us.	COSTO DE TONELADA (Bs)
CUARCITA EN BRUTO O DESBASTADO	5 200,00	1 560,00	2088,00

Fuente: SIVEX LA PAZ

**Tabla I-8**

### GASTOS TRANSPORTE UYUNI-TARIJA CAMION DE 12 CUBOS

EMPRESA	COSTO QUINTAL (q) UYUNI-TARIJA (Bs)	COSTO TONELADA (t) UYUNI-TARIJA (Bs)	COSTO TOTAL CAMION DE 12 CUBOS UYUNI-TARIJA (Bs)
Transporte Internacional	14	304,35	3 652,20
Julio Castellanos	12	260,87	3 130,44
Sindicato de Transporte pesado	16	347,83	4 173,96

Fuente: Elaboración propia 2017

**Tabla I-9**

### DÍAS DE RECORRIDO CARRETERA POTOSI-TARIJA

EMPRESA	DISTANCIA CARRETERA UYUNI-TARIJA (Km)	DÍAS DE TRASLADO
Transporte Internacional	532.1	1
Julio Castellanos	532,1	1 a 2
Sindicato de transporte pesado	532,1	1 a 2

Fuente: Google Maps, los días de transporte varía dependiendo de la carga

### *Ofertante 2.- Cochabamba:*

Ofertante del municipio de cercado Cochabamba

**Tabla I-10**

### GESTIÓN 2015

SÍLICE REQUERIDO	t/día	COSTO TONELADA (Bs)
FABRICA VIDRIOLUX	80	565,60

Fuente: elaboración propia

**Tabla I-11**

### GASTOS TRANSPORTE COCHABAMBA-TARIJA CAMIÓN DE 12 CUBOS

<b>EMPRESA</b>	<b>COSTODE QUINTAL (q) COCHABAMBA-TARIJA (Bs)</b>	<b>COSTO TONELADA (t) COCHABAMBA-TARIJA (Bs)</b>	<b>COSTO TOTAL CAMION DE 12 CUBOS COCHABAMBA-TARIJA (Bs)</b>
<b>Transporte Internacional</b>	16	347,83	4 173,96
<b>Julio Castellanos</b>	15	326,09	3 913,08
<b>Sindicato de transporte pesado</b>	16	347,83	4 173,96

Fuente: Datos proporcionados por las transportadoras

**Tabla I-12**

**DÍAS DE RECORRIDO POR CARRETERA COCHABAMBA-TARIJA**

<b>EMPRESA</b>	<b>DISTANCIA CARRETERA COCHABAMBA –TARIJA (km)</b>	<b>DÍAS DE TRASLADO</b>
<b>Transporte Internacional</b>	<b>864,9</b>	<b>2 a 3</b>
<b>Julio Castellanos</b>	<b>864,9</b>	<b>2 a 3</b>
<b>Sindicato de transporte pesado</b>	<b>864,9</b>	<b>2 a 3</b>

Fuente: Datos proporcionados por las transportadoras

En la Tabla I-12 se muestra el costo de nuestros clientes a pagar a los ofertantes para su uso:

**Tabla I-13**

**GASTOS DE LOS OFERTANTES DE ARENA DE SÍLICE CON DÍAS DE TRASLADO**

<b>OFERTANTE</b>	<b>DÍAS DE TRASLADO</b>	<b>COSTO TRANSPORTE DE TONELADA DE SÍLICE (Bs)</b>	<b>COSTO MATERIA PRIMA EN FABRICA (Bs)</b>	<b>COSTO TOTAL OFERTANTES TONELADA DE SÍLICE (Bs)</b>
<b>POTOSI</b>	1 a 2	260,87	2088,00	2348,87
<b>COCHABAMBA</b>	2 a 3	326,09	565,60	891,69

Fuente: Elaboración Propia 2012

**Ofertante 3.- Tarija (Dunas de Taxara):**

La materia prima proveniente de las dunas de Taxara no puede ser explotada debido a que las mismas se encuentran dentro de la Reserva Natural Biológica de la Cordillera de SAMA las mismas que se encuentra nominadas como una de las maravillas con las que cuenta el departamento de Tarija, entrando las mismas como materias primas no explotables.

**1.4.2.1 DEMANDA ARENA DE SÍLICE EMPRESA FRITAS TARIJA**

La demanda de arena de sílice por parte de la empresa FRITAS TARIJA está en función de las cantidades que se entrega en la actualidad a las cerámicas de CERABOL, GLADYMAR e INCERPAZ. Estas cerámicas solicitan 2520 t/año de FRITAS para los esmaltados de cerámico blanco, satisfaciendo este requerimiento las FRITAS de Tarija y las FRITAS desde el Brasil.

**Tabla I-14**

**DEMANDA DE FRITAS BLANCAS EN BOLIVÍA**

<b>FABRICAS</b>	<b>REQUERIMIENTO DE FRITAS (t/año)</b>	<b>FRITAS BRASIL (t/año)</b>	<b>FRITAS TARIJA (t/año)</b>
<b>CERABOL</b>	600	516	84
<b>GLADYMAR</b>	500	430	70
<b>INCERPAZ</b>	400	344	56
<b>Total</b>	1500	1290	210
<b>Producción total anual</b>	18000	15480	2520 (a)

Fuente Edwin Calustro propietario de FRITAS-TARIJA (a) año 2009

Es el interés de la empresa FRITAS-TARIJA ampliar los volúmenes de producción debido a la necesidad por parte de las cerámicas de su producto, generándole un ingreso económico por la venta de fritas a 500 dólares la tonelada. La fórmula de elaboración es la siguiente:

**Tabla I-15**

**FÓRMULA DE FRITA BLANCA PARA UNA TONELADA DE PRODUCCIÓN**

<b>COMPUESTO</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>
------------------	----------------------

Calcita	38.9
Dolomita	51.95
Zirconio # 500	64.94
Zirconio # 325	38.96
Cuarzo (sílice)	405.4
Vidrio (% de sílice)	163.5
Ácido bórico	106.5
Caolín	51.95
Ulexita 48%	77.9

Fuente Edwin Calustro propietario de FRITAS-TARIJA

El requerimiento anual de arena de sílice por parte de FRITAS TARIJA es el de:

**Tabla I-16**

**DEMANDA DE ARENA DE SÍLICE POR FRITAS**

<b>Año</b>	<b>Toneladas de Fritas Producidas (t/año)</b>	<b>Toneladas de Fritas Producidas (t/mes)</b>	<b>Toneladas de Sílice puro requerido por mes por producción (t/mes)</b>
<b>2013</b>	2933,92	244,49	<b>99,02</b>
<b>2014</b>	3086,48	257,21	<b>104,17</b>
<b>2015</b>	3246,98	270,58	<b>109,59</b>
<b>2016</b>	3415,82	284,65	<b>115,28</b>
<b>2017</b>	3593,44	299,45	<b>121,28</b>
<b>2018</b>	3780,30	315,03	<b>127,59</b>
<b>2019</b>	3976,88	331,41	<b>134,22</b>
<b>2020</b>	4183,67	348,64	<b>141,20</b>
<b>2021</b>	4401,23	366,77	<b>148,54</b>
<b>2022</b>	4630,09	385,84	<b>156,27</b>

<b>2023</b>	4870.85	405.90	<b>164.39</b>
<b>2024</b>	5124.14	427.01	<b>172.94</b>
<b>2025</b>	5390.59	449.22	<b>181.94</b>

Fuente: Fuente Edwin Calustro propietario de FRITAS TARIJA

#### 1.4.2.2 DEMANDA DE ARENA DE SÍLICE EMPRESA DE VIDRIO

La demanda de arena de sílice por parte de la empresa en estudio de Factibilidad de VIDRIO está relacionada a un estudio de mercado de la cantidad de envases de vidrio solicitadas siendo esta cantidad de 17 901, 80 t/año

**Tabla I-17A**

#### CANTIDAD DE ENVASES DE VIDRIO Y MASA DE VIDRIO

<b>Fabricantes</b>	<b>Capacidad (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso de cada Botella (gr)</b>	<b>Cantidad de Masa de Vidrio (kg)</b>
<b>Vinos Vilte</b>	375	5 000,00	241,76	1 208,80
	700	50 000,00	361,57	18 078,50
	750	10 000,00	379,17	3 791,70
<b>Vinos Kohlberg</b>	375	11 716,00	312,64	3 662,89
	700	1 938 076,00	462,02	895 429,87
	750	70 670,00	578,4	40 875,53
<b>Vinos Campo de Solana</b>	375	20 000,00	309,47	6 189,40
	700	1 000 000,00	462,08	462 080,00
	750	150 000,00	464,97	69 745,50
<b>Vinos Aranjuez</b>	700	52 000,00	363,76	18 915,52
	750	10 000,00	486,03	4 860,30
<b>Vinos La Concepción</b>	375	25 000,00	312,27	7 806,75
	700	300 000,00	440,29	132 087,00
	750	300 000,00	502,65	150 795,00
<b>Vinos</b>	300	500 000,00	385,9	192 950,00

<b>Casa Grande</b>	375	30 000,00	332,4	9 972,00
	385	20 000,00	268,76	5 375,20
	700	400 000,00	385,51	154 204,00
	750	40 000,00	590,75	23 630,00
<b>Singani Rujero</b>	375	30 000,00	332,40	9 971,97
	750	300 000,00	503,85	151 155,00
	1.000	300 000,00	593,45	178 035,00
<b>Total Tabla I-17A</b>		<b>5 562 462,00</b>		<b>2 540 819,93</b>

FUENTE: Encuestas realizadas a los productores, 2010 proporcionada VITROPAZ

**Tabla I-17B**

**CANTIDAD DE ENVASES DE VIDRIO Y MASA DE VIDRIO**

Fabricantes	Capacidad (cm <sup>3</sup> )	Cantidad	Peso de cada Botella (gr)	Cantidad de Masa de Vidrio (kg)
<b>Singani Casa Real</b>	375	250 000,00	315,02	78 755,00
	750	2 600 000,00	487,11	1 266 486,00
<b>EMBOL</b>	190	114 678,00	363,02	41 630,41
	600	86 376,00	627,55	54 205,26
	1.000	30 682,00	916	28 104,71
	1.500	62 867,00	1 231,85	77 442,71
<b>Cervecería Boliviana Nacional (CBN)</b>	620	130 000,00	500,59	65 076,70
	1.000	190 000,00	773,85	147 031,50
<b>Departamento de Potosí Cervecería La Potosina</b>	350	171 430,00	267,98	45 939,81
	1.000	775,00	773,85	599,73
<b>Departamento Chuquisaca Cervecería Sureña</b>	620	161 292,00	500,59	80 741,16
<b>AFRUTAR</b>	200	2 000,00	383,23	766 460,00
	250	7 000,00	387,89	2 715 230,00

	500	4 000,00	468,23	1 872 920,00
	750	6 500,00	588,67	3 826 355,00
<b>PRODUCTOS BARCA</b>	250	5 000,00	388,79	1 943 950,00
	500	5 000,00	470,01	2 350 050,00
<b>Total Tabla I-17B</b>		<b>3 827 600,00</b>		<b>15 360 978,00</b>
<b>Total (I-17A+I-17B)</b>		<b>9 390 062,00</b>		<b>17 901 797,93</b>

FUENTE: Encuestas realizadas a los productores, 2010 proporcionada por VITROPAZ

Su requerimiento ver Tabla I-18 con referencia al 52.95% de arena de sílice requerida.

**Tabla I-18**

**COMPOSICIÓN MATERIAS PRIMAS Y VIDRIO DE DESECHO PARA FABRICACION DE ENVASES DE VIDRIO**

<b>Materia Prima requerida para Vidrio</b>	<b>% de pureza</b>
Arena de Sílice	52,95
Dolomita	3,08
Calcita	7,58
Yeso	0,32
Carbonato de sodio	16,08
Vidrio de desecho	20,00

FUENTE: Estudio de Pre factibilidad empresa VITROPAZ

**Tabla I-19**

**DEMANDA ARENA DE SÍLICE PARA LA ELABORACIÓN DE ENVASES DE BOTELLAS**

<b>Año</b>	<b>Toneladas de vidrio producido por año (t/año)</b>	<b>Toneladas de vidrio producidas mes (t/mes)</b>	<b>Toneladas de Sílice puro requerido por mes por producción (t/mes)</b>
<b>2013</b>	20842,21	1713,06	907,06
<b>2014</b>	21926,01	1802,14	954,23
<b>2015</b>	23066,16	1895,85	1003,85
<b>2016</b>	24265,60	1994,43	1056,05

<b>2017</b>	25527,41	2098,14	1110,97
<b>2018</b>	26854,84	2207,25	1168,74
<b>2019</b>	28251,29	2322,02	1229,51
<b>2020</b>	29720,36	2442,77	1293,71
<b>2021</b>	31265,82	2569,79	1360,71
<b>2022</b>	32891,64	2703,42	1431,46
<b>2023</b>	34602,00	2 883,50	1 526,81
<b>2024</b>	36 401,31	3 033,44	1 606,53
<b>2025</b>	38 294,18	3 191,18	1 689,74

Fuente: Estudio de Factibilidad VITROPAZ

## 1.5 DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL MERCADO

El mercado objetivo del proyecto, está representado por la ciudad capital del departamento de Tarija del Estado Plurinacional de Bolivia donde se encuentran establecidas las industrias que requieren esta materia prima:

### **Tarija**

La ciudad de Tarija se constituye en la capital del departamento de Tarija, la misma que se encuentra a 1.866 metros sobre el nivel del mar.

El departamento de Tarija limita al norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con la República Argentina; al este con la República del Paraguay y al oeste con los departamentos de Potosí y Chuquisaca.

El departamento cuenta con seis provincias y once secciones municipales con sus respectivos cantones.

Posee una extensión territorial de 37. 623 km<sup>2</sup> de superficie cubriendo el 3.42% del territorio nacional, se encuentra ubicado al Sur de Bolivia, se sitúa en la parte central de Sud América y se encuentra localizado entre los paralelos 21° 32´ y 22° 55´ de latitud Sur entre los meridianos 62° 15´ y 65° 28´ de longitud Oeste de Greenwich.

Entre sus principales ingresos económicos se encuentran los referidos a la explotación hidrocarburifera del Gas el que se encuentra en las Provincias Arce, O' Connor y Gran Chaco, la

producción y aprovechamiento del Agroturismo en la producción de Vinos en la Provincia de Uriondo y Cercado, o los referidos a ingresos por la producción de cemento en la Provincia Méndez.

El mercado de envases de Vidrio y Esmaltes cerámico ha sufrido un incremento en los últimos años por el crecimiento de la producción de estas industrias que los requieren mayor cantidad de Industrias Vineras y el crecimiento de Industrias en el desarrollo de cerámicas.

El departamento de Tarija en los últimos años ha recibido una gran cantidad de Población en todas sus Provincias, las mismas que se deben por la migración elevada de otros lugares de la Nación, que han visto las posibilidades de desarrollo y futuro de este departamento debido a el desarrollo potencial que ha sufrido en los últimos años debido al campo hidrocarburifero y desarrollo Agrario.

### **1.6ANÁLISIS DE PRECIOS: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.**

Aplicando para este la ley municipal de áridos N° 08/2014 de la primera sección de la provincia arce donde en su artículo 19 (Patente de Autorización) establece que “el pago efectuado por el beneficiario de lo mismo a favor del Gobierno Autónomo Municipal de Padcaya. Será equivalente de acuerdo o zonas de extracción establecidas o Tres Mil Quinientos 00/100 (3500 Bs.) por superficie autorizado de acuerdo a zonificación en el reglamento las patentes será actualizadas anualmente en función las UFV's”.

Además se debe pagar 12 Bs por cubo extraído del yacimiento según los reglamentos del municipio de Padcaya según la tabla del Artículo 20 del reglamento. Para los posteriores estudios se tomará un costo de valor de 20 Bs para la extracción motivo de proveer subas o peticiones en el tiempo.

**Tabla I-20**

#### **PRECIO DE EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS (Bs/m<sup>3</sup>)**

Tipo de Agregado	Áridos y Agregados destinadas para su Uso o utilización Dentro del Municipio		Áridos y Agregados destinadas para su Uso o utilización Fuera del Municipio
	Menor a 500	Mayor a 500	
<b>Arena</b>	10 Bs x m <sup>3</sup>	8 Bs x m <sup>3</sup>	20 Bs x m <sup>3</sup>
<b>Cascajo</b>	10 Bs x m <sup>3</sup>	8 Bs x m <sup>3</sup>	20 Bs x m <sup>3</sup>
<b>Ripio</b>	10 Bs x m <sup>3</sup>	8 Bs x m <sup>3</sup>	20 Bs x m <sup>3</sup>
<b>Piedra</b>	12 Bs x m <sup>3</sup>	10 Bs x m <sup>3</sup>	25 Bs x m <sup>3</sup>

<b>Gravilla</b>	10 Bs x m <sup>3</sup>	8 Bs x m <sup>3</sup>	20 Bs x m <sup>3</sup>
<b>Arenilla</b>	10 Bs x m <sup>3</sup>	5 Bs x m <sup>3</sup>	20 Bs x m <sup>3</sup>
<b>Lama</b>	6 Bs x m <sup>3</sup>	4 Bs x m <sup>3</sup>	10 Bs x m <sup>3</sup>
<b>Arcilla</b>	10 Bs x m <sup>3</sup>	6 Bs x m <sup>3</sup>	15 Bs x m <sup>3</sup>
<b>Turba</b>	6 Bs x m <sup>3</sup>	4 Bs x m <sup>3</sup>	10 Bs x m <sup>3</sup>

Fuente: Ley municipal de áridos N° 08/2014 de la primera sección de la provincia arce

## PRODUCTO

El único producto que se sacara de la molienda será la arena de sílice el mismo estará producido de acuerdo a las especificaciones de nuestros clientes.

### 1.7 PROYECCIONES DEL MERCADO.

Para las proyecciones realizadas del mercado se emplea el método de Línea de Tendencia o Regresión.

#### 1.7.1. MÉTODO DE LA LÍNEA DE TENDENCIA O REGRESIÓN

Nos enseña que la variable dependiente se calcula en relación a la variable independiente, lo que permite predecir valores en la variable dependiente “Y” tomando como base los valores de la variable independiente “X” se supone que entre ambas variables existe una relación lineal

La fórmula que relaciona las variaciones de “Y” y “X” es:

$$Y = a + bX \quad (1.1)$$

**Y**= valor calculado de la variable dependiente (demanda, oferta o precio)

**X** = valor de la variable independiente

**a** = constante

**b** = coeficiente de X

Para encontrar los valores de la variable dependiente “Y”, con los valores de la variable independiente hay que calcular los valores de “a” y “b” y remplazar en la fórmula inicial.

La fórmula que permite calcular “b” es:

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (1.2)$$

**n** = número de años

$\Sigma XY$  = sumatoria de los productos XY

$\Sigma X$  = sumatoria de X

$\Sigma Y$  = sumatoria de Y

$\Sigma X^2$  = sumatoria de  $X^2$

La fórmula para calcular a es:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (1.3)$$

$\bar{Y}$  = media aritmética de Y

$\bar{X}$  = media aritmética de X

Posteriormente los valores encontrados de “a” y “b” se rempazan en la ecuación de línea de tendencia o regresión lineal ecuación (1.2).

Para verificar que exista una correlación entre las dos variables cuando se observa que una de ellas varía también la otra varía:

$$r = \frac{n \sum (XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \quad (1.4)$$

r = correlación

Lo ideal es que exista una correlación de 1 a 1, pero como se trabaja en sistemas reales, entonces únicamente puede hallarse el valor de “r” cercano a 1

**Tabla I-21**

**DEMANDA DE ARENA DE SÍLICE**

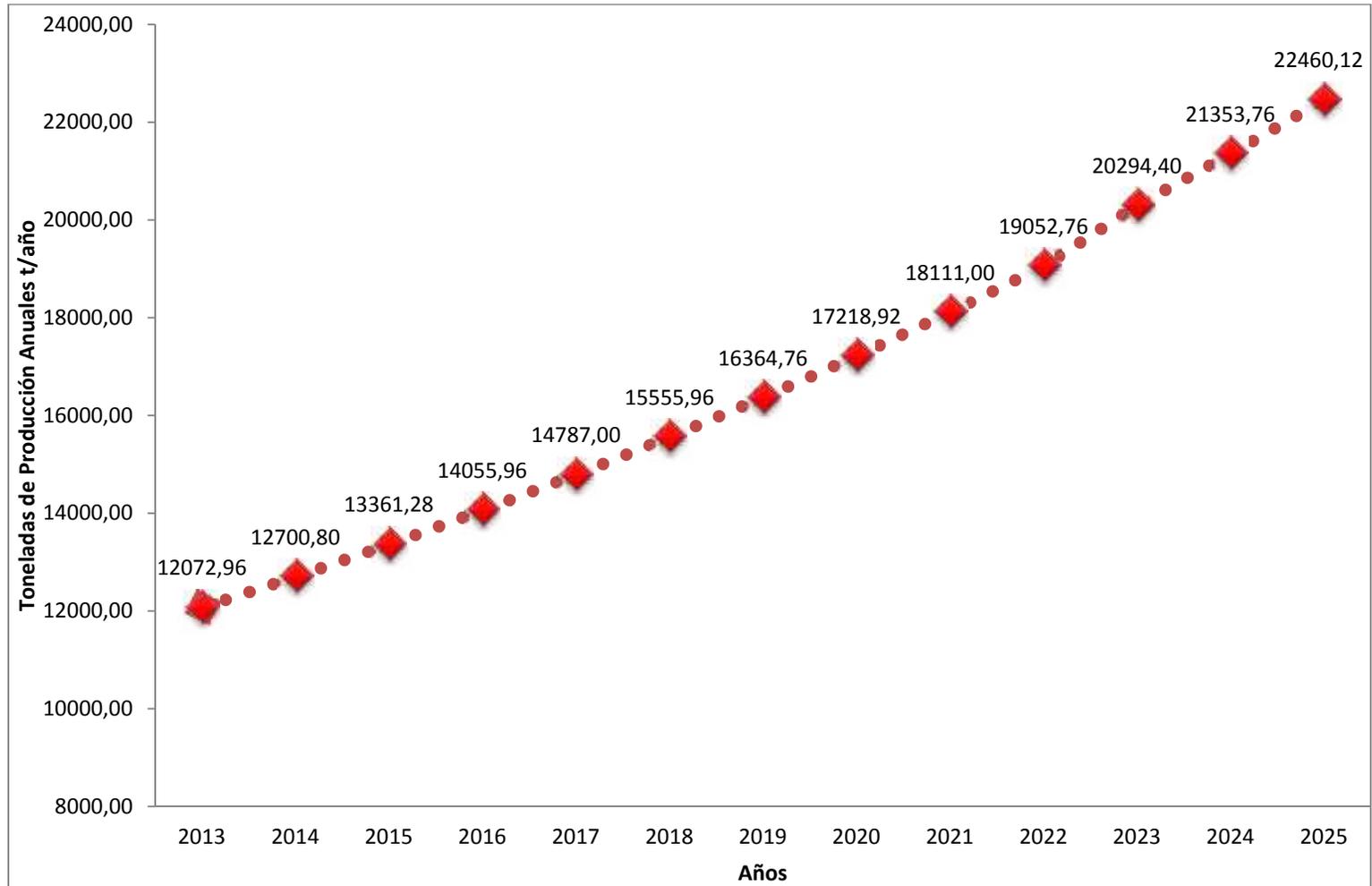
<b>Año</b>	<b>Toneladas por mes requeridas por empresa Fritas Tarija (t/mes)</b>	<b>Toneladas por mes requeridas por empresa VITROPAZ (t/mes)</b>	<b>Toneladas por mes requeridas para producir en el mercado (t/mes)</b>	<b>Toneladas por año requeridas para producir en el mercado (t/año)</b>
<b>2013</b>	99,02	907,06	1 006,08	12 072,96
<b>2014</b>	104,17	954,23	1 058,40	12 700,80
<b>2015</b>	109,59	1 003,85	1 113,44	13 361,28

<b>2016</b>	115,28	1 056,05	1 171,33	14 055,96
<b>2017</b>	121,28	1 110,97	1 232,25	14 787,00
<b>2018</b>	127,59	1 168,74	1 296,33	15 555,96
<b>2019</b>	134,22	1 229,51	1 363,73	16 364,76
<b>2020</b>	141,20	1 293,71	1 434,91	17 218,92
<b>2021</b>	148,54	1 360,71	1 509,25	18 111,00
<b>2022</b>	156,27	1 431,46	1 587,73	19 052,76
<b>2023</b>	164,39	1 526,81	1 691,20	20 294,40
<b>2024</b>	172,94	1 606,53	1 779,48	21 353,76
<b>2025</b>	181,94	1 689,73	1 871,68	22 460,12

Fuente: Elaboración propia 2016

CUADRO 1.1

## DEMANDA PROYECTADA PARA LA ARENA DE SÍLICE (t/año)



Fuente: Elaboración propia 2016

Con las proyecciones realizadas a las empresas se deberá proveer 22 460,12 t/año de arena de sílice hasta el 2025 cuando la fábrica obtenga su máximo rendimiento.

### **1.8. POLÍTICAS DE COMERCIALIZACIÓN**

La empresa tendrá como política de comercialización la venta por mayor y directa de la Arena de Sílice a los clientes FRITAS y VITROPAZ.

Para tal efecto la venta se realizara puesta en planta para la reducción de costos debido a costos por alquiler de galpones, traslado de producto, o contratación de personal extra para la atención de alguna agencia.

# CAPÍTULO II

## CAPÍTULO II

### TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN

#### 2.1 JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO

El tamaño de producción de la Planta de Procesamiento de la Arena de Sílice, se determina de acuerdo a los factores siguientes.

##### **a). Ciclo de vida del Proyecto.**

Vida del Proyecto = 11 años

Etapas Instalación = 1 año

Etapas Operativa (funcionamiento) = 10 años

- Etapas de Transición a Capacidad Máxima de Producción = 5 años
- Etapas Constante de Producción a partir del sexto año

El desarrollo inicial del proyecto de factibilidad (etapas de instalación) se efectuará durante el año 2018 y de acuerdo a la política de comercialización se establece el inicio de producción el año 2019.

La capacidad máxima de producción de planta alcanzara en 10 años comprendido del 2019 al 2028

##### **b). Demanda insatisfecha**

De acuerdo al análisis de la proyección de la Demanda y Oferta futura, efectuada en el Capítulo I Estudio de Mercado en su Tabla N° 1.20 “Demanda de Arena de Sílice”, la etapa de transición a la capacidad máxima de producción en planta se determinó la existencia de una demanda insatisfecha para el primer año producción de 15 555,96 t/año de la Arena de Sílice en el mercado, representado por las industrias FRITAS y VITROPAZ del Departamento de Tarija, la misma que permite determinar el tamaño de la planta, considerando que la materia prima se encuentra disponible en la región para cubrir el volumen de producción de la Arena de Sílice

##### **c). Estacionalidad de materias primas.**

Como la materia prima principal es de origen inorgánico y su explotación se realiza durante todo el año y el yacimiento se encuentran cerca de la ciudad de Tarija y el requerimiento de las

materia prima para la industrias es anual por lo que se establece que el periodo de fabricación de arena de Sílice será anual durante los meses de enero a diciembre alrededor de 330 días del año.

La oferta de la materia prima, en la zona de Camacho influencia del proyecto, no es un factor limitante del tamaño de la planta debido a que el yacimiento tiene una vida útil de 80 a 90 años

**e). Probabilidad de aceptación de nueva marca.**

Del procesamiento y análisis de las entrevistas realizadas a las industrias que requieren la arena de sílice como materia prima para la elaboración de sus productos se determina que al no existir una planta que les provea directamente esta materia prima y las mismas que están obligadas a traer desde Potosí, nuestro producto tendrá una plena aceptación en el mercado al que se le proveerá.

## **2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN**

### **2.2.1.-MACRO LOCALIZACIÓN**

Esta consiste en la selección de una zona más o menos amplia, que presenta condiciones aceptables, para la ubicación de la planta, predominado, según el caso, los criterios de tipo económico, social y políticos.

Además la misma señala concretamente la ubicación del proyecto: departamento, provincia, región o zona considerando los servicios básicos mano de obra, comunicación, transporte y otros.

#### **Servicio de Salud.**

La asistencia médica que se encuentran cerca de los yacimientos, son proporcionadas por Centros Asistenciales de Salud que se detallan a continuación:

La Comunidad de Camacho cuenta con infraestructura básica de salud, Posta sanitaria con personal de atención de 2 médicos, 1 auxiliar de enfermería con vehículo para el traslado del personal en emergencia.

En la comunidad de Cañas se cuenta con una Posta de Salud. El mismo cuenta con dos médicos, y dos auxiliares de enfermería y movilidad de traslado de personal enfermo

En la localidad de Padcaya se cuenta con un hospital de segundo nivel con médicos y auxiliares de enfermería más una ambulancia para el traslado del personal

### 2.2.2.-MICRO LOCALIZACIÓN

La selección del lugar específico para la operación de la Planta de Procesamiento de arena de sílice estará sujeto a:

Método Cualitativo por Puntos Este Método consiste en definir los principales Factores determinantes de una Localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se les atribuye. El peso relativo, sobre la base de una suma igual a uno.

Al comparar dos o más Localizaciones opcionales, se procede a asignar una Calificación a cada Factor en cada una de ellas, de acuerdo a una escala predeterminada.

La suma de las calificaciones ponderadas permitirá seleccionar la Localización que acumule el mayor puntaje.

#### Factores de Decisión

- A. Mano de Obra
- B. Transporte de Materia Prima
- C. Transporte de Producto
- D. Agua
- E. Electricidad
- F. Combustibles
- G. Terreno
- H. Análisis Ambiental
- I. Carga Fiscal
- J. Talleres de Mantenimiento

- A. **Mano de Obra:** Se contemplara la Disponibilidad de mano de obra calificada, como los cumplimientos legales entre parte obrera y parte patronal ante autoridades regulatorias nacionales.

- B. **Transporte de Materia Prima:** La región en estudio deberá contar con vía de comunicación terrestre para el adecuado transporte de materias primas mediante la disponibilidad de volquetas propias.
- C. **Transporte de Producto:** Se contempla la disponibilidad de vías de comunicación terrestre y con disponibilidad de empresas transportistas de carga para la entrega del producto terminado, el mismo corre por cuenta de los clientes.
- D. **Agua:** Fuentes de agua que permitan el suministro constante y permanente para el servicio del personal de la Planta.
- E. **Electricidad:** Líneas de corriente eléctrica trifásica cercana, para el funcionamiento de los equipos de la Planta requeridos como para la iluminación de la misma.
- F. **Combustibles:** Se consideran las fuentes de abastecimiento de combustible (Gasolina, Diésel) requeridos por los vehículos usados para el transporte de materias primas y/o transporte del personal.
- G. **Terreno:** La disponibilidad de terreno con las dimensiones requeridas para servir a las necesidades actuales y las expectativas de crecimiento futuro de la Empresa en Proyecto.
- H. **Análisis Ambiental:** Durante el Proceso Productivo de la Planta se generan polvos, manejo de grasas, combustibles. generación de agua residual, ruido, etc. Por lo tanto se debe considerar el control y regulación ambiental de los mismos, tanto en el inicio y como la vida útil del proyecto.
- I. **Carga Fiscal:** Se deberán valorar las cargas fiscales de cada comunidad en estudio, en relación con los impuestos Nacional y Departamental, así como aprovechar las exenciones correspondientes, las cuales son un factor importante en la elección del sitio de instalación de la Planta.
- J. **Talleres de Mantenimiento:** Se debe considerar la existencia de Talleres de Mantenimiento Mecánico y/o Tornerías instalados en la Planta, que realicen el mantenimiento y reparación de las piezas indispensables de los Equipos y Maquinarias involucradas en el Procesamiento de la molienda.

### 2.2.3 ASIGNACIÓN DE VALORES PONDERADOS DE PESO RELATIVO

De acuerdo al grado de importancia de los factores considerados, se asignan la puntuación óptima correspondiente, determinándose el Valor ponderado de peso relativo de cada uno de ellos, expresados a continuación de la manera siguiente:

**Tabla II-1**

#### VALORES PONDERADOS DE PESO RELATIVO

<b>FACTOR</b>	<b>PUNTOS</b>	<b>PESO RELATIVO</b>
Mano de Obra	10	0,20
Transporte de Materia Prima	6	0,12
Transporte de Producto	4	0,08
Agua	4	0,08
Electricidad	7	0,14
Combustibles	5	0,10
Terreno	4	0,08
Análisis Ambiental	3	0,06
Carga Fiscal	3	0,06
Talleres de Mantenimiento	4	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>1,00</b>

Fuente: Elaboración Propia 2014

### 2.2.4. ESCALA DE CALIFICACIÓN

Para la evaluación se adopta la escala de calificación de 0 a 10 puntos de los factores considerados.

## Alternativas

Se consideran tres Comunidades para la localización de la Planta de Procesamiento de Frutas, las cuales son:

1. Camacho
2. Cañas
3. Padcaya

### 2.2.5 CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

La calificación de los Factores y la correspondiente ponderación de los mismos para las tres Alternativas de Localización de la Planta de Molienda de Cuarcita, se muestra detalladamente en la Tabla II-2.

**Tabla II-2**

#### CALIFICACIÓN DE FACTORES PONDERADOS

PONDERACION			CAMACHO		CAÑAS		PADCAYA	
Factor	Puntos	Peso Relativo	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Mano de Obra	10	0,20	6	0,12	6	0,12	8	0,16
Transporte de Materia Prima	6	0,12	6	0,12	5	0,10	3	0,06
Transporte de Producto	4	0,08	3	0,06	3	0,06	2	0,04
Agua	4	0,08	3	0,06	3	0,06	4	0,08
Electricidad	7	0,14	3	0,06	3	0,06	3	0,06
Combustibles	5	0,10	3	0,06	3	0,06	5	0,10
Terreno	4	0,08	4	0,08	3	0,06	2	0,04
Análisis Ambiental	3	0,06	2	0,04	2	0,04	1	0,02
Carga Fiscal	3	0,06	3	0,06	2	0,04	2	0,04
Talleres de Mantenimiento	4	0,08	3	0,06	3	0,06	5	0,10
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>1,00</b>		<b>0,72</b>		<b>0,66</b>		<b>0,70</b>

Fuente: Elaboración Propia. 2014

De los resultados de la Tabla II-2 la Comunidad de Camacho reúne 0,72 puntos ponderados, mientras que Cañas un total de 0,66 y Padcaya un total de 0,70 determinándose que la planta de molienda de arena de sílice debe ubicarse en la zona de Camacho de la primera sección de la provincia Arce.

### **2.3. FACTORES DETERMINANTES DE LA LOCALIZACIÓN**

Los factores determinantes para localizar la Planta de Procesamiento de Arena de Sílice en la Comunidad de Camacho, se señalan a continuación:

1. La mano de Obra, en la Comunidad es la suficiente para la extracción de la cuarcita y para el manejo de equipos se realizará la contratación de Técnicos.
2. Para el Transporte de Materia Prima, la Comunidad de Camacho se sitúa en el Centro de la Vía de Comunicación Terrestre con los yacimientos no haciendo falta aperturas de caminos mientras que en las otras comunidades se incrementan los gastos de transporte de las materias primas.
3. Para el transporte de producto existe vías de comunicación terrestre desde la planta hasta las fábricas que lo requieran, la empresa al proveer el servicio de transporte de producto cobrará un monto extra por lo que las empresas tendrán que llevar este desde la planta.
4. El agua, este elemento importante para la higiene y salud del personal de planta mientras que para la elaboración del producto no es indispensable, la comunidad cuenta con este servicio.
5. La electricidad, las características del suministro de energía eléctrica es el mismo para las tres comunidades, por lo que se solicitaría la interconexión a la red nacional.
6. Los combustibles son una de las principales debilidades para tal efecto se contara con dos cisternas para el recojo y almacenaje de combustibles que se traerían de forma periódica.
7. El terreno, es el más accesible debido al costo, distancia y a características de suelos, en la Comunidad de Camacho ya que existe personal para la construcción y las agencias de Cemento se encuentran en las localidades de Padcaya y Cañas.

En cuanto a desventajas se refiere, cabe señalar lo siguiente:

- a. En cuanto al análisis ambiental, las tres alternativas de Localización no cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales, por tanto se debe pensar en el control y regulación de los mismos, además de realizar la petición de concesión minera y los análisis ambientales de polvos, ruidos y otros necesarios para el cumplimiento de las regulaciones ambientales legales y aplicables
- b. Los talleres de mantenimiento, no existen en las tres Comunidades y solo se cuentan con personas que por iniciativa propia conocen de manera superficial mecánica automotriz, por lo que se tomaran las medidas más pertinentes cuando se presente la necesidad de reparación de equipos de la planta, recurriendo a talleres de servicios mecánicos y/o tornería, en la ciudad de Tarija.

**Tabla II-3**

**RESUMEN DE LA LOCALIZACIÓN ZONA DE CAMACHO**

<b>FACTOR</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>OBSERVACION</b>
Mano de Obra	CUMPLE	-
Transporte de Materia Prima	CUMPLE	-
Transporte de Producto	CUMPLE	-
Agua	CUMPLE	-
Electricidad	CUMPLE	TRANSFORMADOR PARA LA INSTALACION DE ENERGÍA
Combustibles	NO CUMPLE	SE TRAERA MEDIANTE CISTERNAS
Terreno	CUMPLE	-
Análisis Ambiental	NO CUMPLE	PLANIFICAR EN EL TESA LA EVALUACION AL INICIO DEL PROYECTO
Carga Fiscal	NO CUMPLE	LA EMPRESA DEBERA REALIZAR EL MANEJO MEDIANTE UNA PARTE ADMINISTRATIVA
Talleres de Mantenimiento	NO CUMPLE	REALIZAR LA CONTRATACION DE PERSONAL PARA TAREAS DE MECANICO

Fuente: Elaboración Propia 2017

# CAPÍTULO III

## CAPÍTULO III

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

La caracterización de las materias primas y de los productos se presenta por separado:

##### 3.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MATERIA PRIMA CUARCITA

Las características técnicas de las rocas cuarcitas están sujetas a las condiciones en que se encuentran en el yacimiento de “El Salvador” para su explotación.

**Tabla III-1**

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MATERIA PRIMA

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CUARCITA</b>	
<b>Nombre de la roca o piedra</b>	Cuarcita (Sílice)
<b>Tipo básico</b>	Sedimentaria
<b>Sistema cristalino/estructura</b>	Cristaliza en sistema hexagonal
<b>Dureza</b>	7 escala de Mohs
<b>Textura</b>	Dura y cristalina
<b>Densidad</b>	$2.65 \frac{g}{cm^3}$
<b>Color</b>	Blanco
<b>CUARCITA DE YACIMIENTO “EL SALVADOR”</b>	
<b>Granulometría Seleccionada</b>	Entre 20 a 45 cm
<b>Pureza de SiO<sub>2</sub></b>	96.7 %
<b>Pureza de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.35 %
<b>Pureza de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	< a 2%

**Fuente:** Elaboración Propia 2015

### 3.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PRODUCTO

#### ARENA DE SÍLICE

Las características de nuestro producto están sujetas a las exigencias de nuestros clientes los cuales según requerimientos son las siguientes:

**Tabla III-2**

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PRODUCTO

<b>CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO</b>		
<b>Nombre de producto</b>	Arena de sílice	
<b>Sistema cristalino/estructura</b>	Cristaliza en sistema hexagonal	
<b>Densidad</b>	2.65 $\frac{g}{cm^3}$	
<b>Color</b>	Blanco	
<b>CARÁCTERÍSTICAS TECNICAS DE ARENA DE SÍLICE PARA VIDRIO</b>		
<b>Granulometría</b>	Malla # 200	
<b>PUREZA</b>		
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	<b>%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>
<b>96.70 min</b>	<b>0.35</b>	<b>&lt; 2%</b>
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ARENA DE SÍLICE PARA FRITAS</b>		
<b>Granulometría</b>	Malla # 200	
<b>PUREZA</b>		
<b>%SiO<sub>2</sub></b>	<b>%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>
<b>96.70 min</b>	<b>0.35</b>	<b>&lt; a 2%</b>

Fuente: VITROPAZ E FRITAS

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES PROCESOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ARENA DE SÍLICE.

La producción de arena de sílice se realiza mediante una reducción de tamaños de las materias primas (rocas cuarcitas), realizados en una serie de procesos denominados molienda primaria y molienda secundaria en los cuales intervienen diferentes tipos de equipos, y su principal objetivo es de conseguir un producto que posea un determinado tamaño granular, comprendido entre límites pre-establecidos por las exigencias y requerimientos de los clientes.

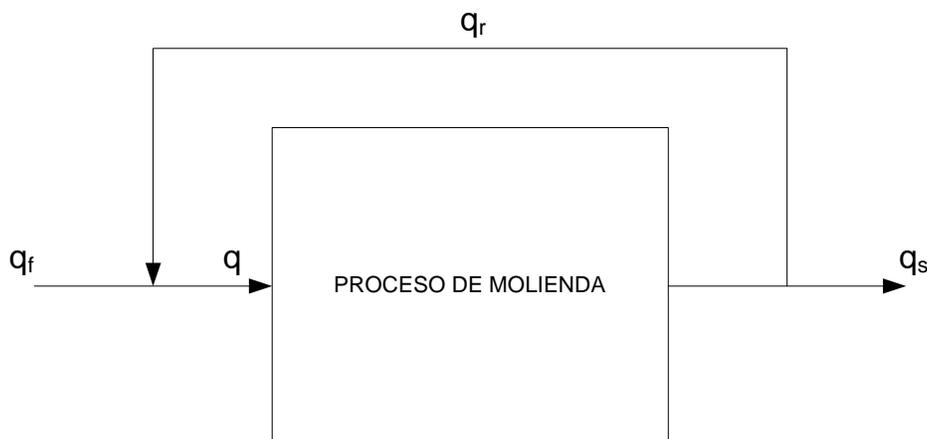
La reducción de las materias primas cuarcitas es realizada según los medios en que se desarrollan estos ya sea en molienda por vía húmeda o molienda por vía seca, los cuales pueden ser realizados bajo los sistemas de ciclo abierto o de ciclo cerrado. **Ver Tabla III-3**

#### 3.2.1 SISTEMA DE MOLIENDA EN CIRCUITO CERRADO

En una molienda de circuito cerrado, las colas que se producen después de una molienda son separadas por medio de una etapa de clasificación, donde estas colas son alimentadas nuevamente al mismo sistema con el fin de obtener una mayor cantidad de material molido que cumpla con las características deseadas al final del proceso.

**Diagrama III-1**

#### SISTEMA DE MOLIENDA EN CIRCUITO CERRADO



**Balance en el punto de Ingreso de proceso de Molienda**

$$q = q_f + q_r \quad (3.1)$$

**Balance en el punto de Salida del proceso de Molienda**

$$\begin{aligned}
 & \text{e}^{\text{P}} \text{ r} \text{ c}^{\text{O}} \text{ l}^{\text{C}} \text{ M} \\
 & \vdots \\
 & q^s = q^f - q^r
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

**Dónde:**

**q** = carga total suministrada al molino

**q<sub>f</sub>** = carga de alimentación del material nuevo

**q<sub>r</sub>** = carga de recirculación

**q<sub>s</sub>** = carga total de salida

**3.2.2 SISTEMA DE MOLIENDA EN CIRCUITO ABIERTO**

En un sistema de molienda por medio de un circuito abierto las colas que quedan de este proceso no son recirculadas, pero el tiempo de residencia dentro de la molienda es mayor y sujeto a criterios propios de operación, el balance de este material molido, solamente produce como resultado que las entradas son iguales a las salidas como lo muestra la Ecuación (3.3).

**Diagrama III-2**

**SISTEMA DE MOLIENDA CIRCUITO ABIERTO**



$$\begin{aligned}
 & \text{---} \\
 & q = q^s
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

**Dónde:**

**q** = carga total suministrada al molino

**q<sub>s</sub>** = carga total de salida

Tabla III-3

## DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EXISTENTES

N°	ETAPA	MOLIENDA POR VÍA SECA		MOLIENDA POR VÍA HUMEDA	
		Ciclo Cerrado	Ciclo Abierto	Ciclo Cerrado	Ciclo Abierto
1	<b>Recepción Materias Primas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis Mineralógico</li> <li>• Análisis Granulométrico</li> <li>• Análisis Químico</li> <li>• Balanza de Pesado</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis Mineralógico</li> <li>• Análisis Granulométrico</li> <li>• Análisis Químico</li> <li>• Balanza de Pesado</li> </ul>	
2	<b>Acopio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de Materias Primas</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de Materias Primas</li> <li>• Almacenamiento de Agua</li> </ul>	
3	<b>Molienda Primaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cribado materias Primas ( no más a 40 cm)</li> <li>• Trituradores de tipo mandíbulas (Blake) y Cono</li> <li>• Tamizadora de clasificación a la salida (Cuarцитas chancadas a no más de 250 mm)</li> <li>• Cinta de transporte de retroalimentación al triturador</li> <li>• Cinta de transporte a molienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cribado de materias Primas ( no más a 40 cm)</li> <li>• Trituradores de tipo mandíbulas (Blake), Cono</li> <li>• Cinta de transporte a molienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cribado materias Primas ( no más a 40 cm)</li> <li>• Trituradores de tipo mandíbulas (Blake) y Cono</li> <li>• Tamizadora de clasificación a la salida (Cuarцитas chancadas a no más de 250 mm)</li> <li>• Cinta de transporte de retroalimentación al triturador</li> <li>• Cinta de transporte a molienda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cribado de materias Primas ( no más a 40 cm)</li> <li>• Trituradores de tipo mandíbulas (Blake), Cono</li> <li>• Cinta de transporte a molienda</li> </ul>
4	<b>Molienda Secundaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molino de bolas cerámicas (salida de material Malla 200)</li> <li>• Elevador de Cangilones (transporte de materia molida)</li> <li>• Clasificador de las Partículas para producto (3:1)</li> <li>• Ciclón separador (mejora de calidad de producto)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molino de bolas cerámicas (salida de material Malla 200)</li> <li>• Colector de polvo</li> <li>• Elevador de Cangilones (hacia salida de producto)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molino de bolas cerámicas (salida de material Malla 200)</li> <li>• Criba en tambor para el molino</li> <li>• Elevador de cangilones (transporte de materia molida)</li> <li>• Bomba de la criba</li> <li>• Criba</li> <li>• Almacenamiento de lechada</li> <li>• Bomba de pasta</li> <li>• HidroCiclón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molino de bolas cerámicas (salida de material Malla 200)</li> <li>• Criba</li> <li>• Bomba de criba</li> <li>• Elevador de Cangilones (hacia salida de producto)</li> </ul>
5	<b>Separación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colector de filtro de telas</li> <li>• Separador Magnético</li> <li>• Cinta transportadora de banda</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separador Magnético</li> <li>• Secador de Materias</li> <li>• Cinta transportadora de banda</li> </ul>	
6	<b>Almacenaje o Carguío</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones para el transporte</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camiones para el transporte</li> </ul>	

Fuente: Elaboración Propia 2015

### 3.3. SELECCION DEL PROCESO A DISEÑAR

De acuerdo a los procesos existentes se hizo el análisis de selección Ver Tabla III-4,

**Tabla III-4**

#### ANALISIS COMPARATIVO DE PROCESOS

PONDERACION			Vía Seca Circuito Cerrado		Vía Seca Circuito Abierto		Vía húmeda Circuito Cerrado		Vía húmeda Circuito abierto	
Factor	Puntos	Peso Relativo	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
<b>1. Principio de funcionamiento</b>	5	0.05	4	0.04	5	0.05	3	0.03	4	0.04
<b>2. Sencillez constructiva</b>	5	0.05	4	0.04	5	0.05	3	0.03	4	0.04
<b>3. Flexibilidad de Operación</b>	5	0.05	4	0.04	5	0.05	3	0.03	4	0.04
<b>4. Mantenimiento de equipos</b>	5	0.05	3	0.03	4	0.04	3	0.03	4	0.04
<b>5. Control de operación</b>	5	0.05	4	0.04	5	0.05	3	0.03	4	0.04
<b>6. Consumo de energía</b>	10	0.1	8	0.08	7	0.07	10	0.10	9	0.09
<b>7. Consumo de agua</b>	10	0.1	10	0.10	10	0.10	9	0.09	6	0.06
<b>8. Incremento de Producción</b>	15	0.15	13	0.13	8	0.08	15	0.15	8	0.08
<b>9. Área de Ocupación de equipos</b>	10	0.1	8	0.08	9	0.09	6	0.06	8	0.08
<b>10. Calidad del Producto</b>	20	0.2	18	0.18	11	0.11	20	0.20	18	0.18
<b>11. Recuperación de la Inversión</b>	10	0.1	8	0.08	10	0.10	4	0.04	6	0.06
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>1</b>		<b>0.84</b>		<b>0.79</b>		<b>0.79</b>		<b>0.75</b>

Fuente.: Elaboración Propia 2016

Seleccionado el Proceso de Molienda de la Roca Cuarcita se desglosa las ventajas y desventajas de los equipos que intervienen dentro del proceso para una selección. Ver Tabla III-5A y Tabla III-5B para su mejor comprensión.

**Tabla III-5A**

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE EQUIPOS PARA MOLIENDA POR VÍA SECA**

ETAPA	MOLIENDA VÍA SECA		Ponderación Técnicas de selección de equipos	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
<b>Recepción Mat. Primas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control calidad materia prima</li> <li>Control peso de materia prima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calibración de equipos para seguimiento.</li> </ul>	2	1
<b>Acopio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acopio de Lotes de Materias</li> <li>Materias Primas disponibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espacio para el acopio.</li> </ul>	2	1
<b>Molienda Primara</b>	<b>Cribado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometría de ingreso a Triturado ( no más a 40 cm)</li> <li>Reducción de gastos a mantenimiento de equipo para molienda primaria.</li> <li>Mejora la eficiencia de equipo.</li> </ul>	<b>Cribado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gastos de Análisis de Salud ocupacional al Personal.</li> </ul>	3	1
	<b>Triturador Blake</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento simple</li> <li>Alimentación Regulada</li> <li>Trabajo en Roca dura Muy Bueno</li> <li>Descarga 250 mm</li> <li>Costo del equipo bajo</li> <li>Repuestos de bajo costo</li> <li>Espacio menor en instalación.</li> </ul>	<b>Triturador Blake</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Razón de Reducción 4-8</li> <li>Gastos de Análisis de Salud ocupacional al Personal.</li> </ul>	7	2
	<b>Triturador de Cono</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometría constante</li> <li>Razón de reducción 6-8</li> <li>Eficiencia alta en roca dura</li> </ul>	<b>Triturador de Cono</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento alto costo.</li> <li>Alimentación menor a 35 cm</li> <li>Descarga 57 mm</li> <li>Costo del equipo alto</li> <li>Pizas de repuesto alto</li> <li>Mayor área para su instalación</li> </ul>	3	6
	<b>Triturador de Rodillo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>menor espacio de instalación</li> <li>apto para roca de dureza media</li> </ul>	<b>Triturador de Rodillo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>No apto para roca dura</li> <li>mayor contaminación por desgaste de dientes</li> <li>Más costos de mantenimiento por desgaste de dientes</li> </ul>	2	3
	<b>Trituradores por Choque</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor velocidad de desmenuzamiento</li> <li>apto para roca de dureza media</li> </ul>	<b>Trituradores por Choque</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>No apto para roca dura</li> <li>Mayor contaminación por desgaste de barrotes</li> <li>Más costos de mantenimiento por desgaste de barrotes</li> </ul>	2	3

Fuente.: Elaboración Propia 2016

Tabla III-5B

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE EQUIPOS PARA MOLIENDA POR VÍA SECA

ETAPA	MOLIENDA VÍA SECA		Ponderación Técnicas de selección de equipos	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Molienda Secundaria	<b>Molino de bolas Cerámicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Finos con mayor pureza</li> <li>• Fácil cambio cuerpos moledores</li> <li>• Trabajo en Roca dura Muy Bueno</li> <li>• Funcionamiento más sencillo</li> <li>• Flexibilidad de control operación</li> <li>• Salida de material Malla 200</li> </ul>	<b>Molino de bolas Cerámicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor Generación de Ruido.</li> <li>• Su eficiencia depende del área superficial de cuerpos moledores</li> <li>• Mayor consumo de energía por tonelada de producción.</li> </ul>	6	3
	<b>Molino de Barra o Varillas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El consumo de energía varía según la carga de las barras</li> <li>• Molino con casco de mayor espesor</li> </ul>	<b>Molino de Barra o Varillas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida de material Malla 6-20</li> <li>• Menor pureza por Hierro</li> <li>• Mayor espacio para el equipo</li> <li>• Gastos de Mantenimiento recambio barras de soleras.</li> <li>• Pocos proveedores de barras o varillas con bajo hierro.</li> </ul>	2	5
	<b>Elevador de Cangilones según el tipo de descarga Centrifuga</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de desplazamiento de 45 a 75 m/min</li> <li>• Carga por dragado depositado en la parte inferior.</li> <li>• Separación entre cangilones es de 2 a 3 veces la altura del cangilón.</li> </ul>	<b>Elevador de Cangilones según el tipo de descarga Centrifuga</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveedores limitados</li> </ul>	3	1
	<b>Elevador de Cangilones Gravedad o Continua</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga por dragado depositado en la parte inferior.</li> <li>• Existen de gravedad libre</li> <li>• Existen de gravedad dirigida</li> </ul>	<b>Elevador de Cangilones Gravedad o Continua</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveedores limitados</li> <li>• Velocidad de desplazamiento 0.5-1,0 m/s</li> <li>• Se requiere desviar el ramal libre del elevador por estrangulamiento o inclinar el elevador.</li> <li>• Los cangilones se sitúan de forma continua por escama</li> </ul>	3	4
	<b>Separador O-SEPA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificador de las Partículas para producto (3:1)</li> <li>• Bajo costo mantenimiento</li> <li>• Mayor eficiencia de separación de partículas 15 <math>\mu</math>m</li> <li>• Fácil de montar en todo circuito</li> <li>• Fácil ajuste velocidad del rotor</li> <li>• Menor consumo de energía</li> </ul>	<b>Separador O-SEPA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disco de distribución encima de motor</li> <li>• Estacionario</li> </ul>	7	2

Fuente.: Elaboración Propia 2016

Tabla III-5C

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE EQUIPOS PARA MOLIENDA POR VÍA SECA

ETAPA	MOLIENDA VÍA SECA		Ponderación Técnicas de selección de equipos	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Molienda Secundaria	<b>Separador FLS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad Variable</li> </ul>	<b>Separador FLS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor gastos de mantenimiento</li> <li>• Más dispersión de partículas</li> <li>• Sin paletas selectoras dobles</li> </ul>	1	3
	<b>Ciclones con entrada axial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia media</li> </ul>	<b>Ciclones con entrada axial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil fabricación de piezas</li> <li>• Mayor costos del equipo</li> </ul>	1	2
	<b>Ciclones con entrada tangencial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil fabricación de piezas</li> <li>• Menor costos del equipo</li> <li>• Mejor calidad de producto</li> <li>• Mayor eficiencia</li> </ul>	<b>Ciclones con entrada tangencial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variación de dimensiones de la plancha</li> </ul>	4	1
Separación	<b>Colector de Polvos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evita problemas ambientales con la comunidad</li> <li>• Evita problemas legales con el gobierno</li> </ul>	<b>Colector de Polvos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gastos de mantenimiento</li> </ul>	2	1
	<b>Separación Magnética</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor calidad del producto</li> <li>• Eficiencia el proceso</li> </ul>	<b>Separación Magnética</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gastos de Mantenimiento del sistema</li> <li>• Costos de Energía</li> </ul>	2	2
	<b>Cintas transportadoras de bandas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil mantenimiento</li> <li>• Menores Costos</li> <li>• Posibilidad de almacenaje en diferentes lugares</li> </ul>	<b>Cintas transportadoras de bandas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgastes de cintas</li> </ul>	3	1
Almacenaje y carguío	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacén por lote</li> <li>• Carguío directo a camión de producto final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gastos sociales de Personal</li> </ul>	2	1

Fuente.: Elaboración Propia 2016

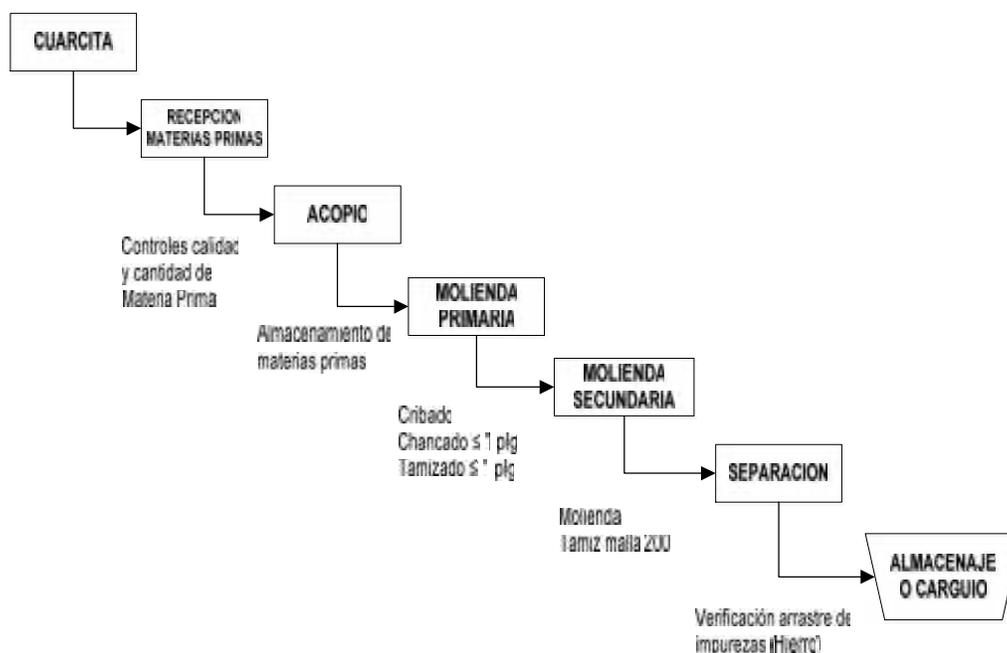
El proceso seleccionado para la producción mediante la reducción de las materias primas (Cuarcitas) junto con sus equipos seleccionados corresponde a un criterio de concepción de una fábrica de Molienda de Arena de Sílice, en un sistema de tipo circuito cerrado y el mismo funcionará bajo la molienda en Vía seca. Las diferentes etapas del proceso de reducción de las rocas cuarcitas se llevara a cabo siguiendo una secuencia lineal que abarca las diferentes operaciones de Molienda Primaria y Molienda Secundaria

### 3.4 DISEÑO DEL PROCESO

El proceso que se desarrolla en la planta contempla operaciones unitarias que se presentan en forma secuencial en la Interrelación de los Procesos de Molienda de la **Figura 3.1**

**Figura 3.1**

#### INTERRELACIÓN DE PROCESOS DE MOLIENDA



La preparación del material será realizado bajo las siguientes operaciones unitarias físicas:

#### 3.4.1. RECEPCIÓN, PESAJE DE LAS MATERIAS PRIMAS

Las materias primas (rocas cuarcitas) ingresan a planta por medios de transporte según el caso, y sufren los controles de calidad previo a su almacenamiento dentro de la instalación. Las materias primas son controladas para ver sus propiedades y condiciones en que se encuentran, especificaciones mínimas exigidas para el ingreso previo al proceso

Los controles a que se les somete son fundamentalmente de tres tipos:

**Análisis mineralógico:** Su objeto es de conocer la clasificación mineralógica exacta de la materia en cuestión, posible presencia de otros minerales o materias.

**Análisis granulométrico:** Nos permitirá conocer el tamaño y dureza de las rocas a ingresar. Una granulometría y dureza no correcta, puede presentar porcentajes demasiado de rocas altas con el consiguiente perjuicio posterior.

**Análisis químico:** Nos dará la composición química exacta, % de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  humedad, etc., datos que permiten anticipar el comportamiento de la materia durante su molienda

### **3.4.2. ACOPIO DE MATERIAS PRIMAS**

El acopio o almacenamiento de las materias primas se realiza en un lugar denominado playa de materias primas, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Se colocara el número de lote de recepción junto con sus características del material a ingresar para su seguimiento.
2. Para la rotación de los lotes se aplicara criterios de Primero en Ingresar Primero en Salir o su acrónimo en Inglés FIFO (First In First Out).

### **3.4.3. MOLIENDA PRIMARIA**

Los rodados de cuarcita son cribados de modo que todas aquellas menores o iguales a los 40 cm son alimentados a la molienda primaria, los de mayor tamaño son separados para un chancado manual. En la molienda primaria se alimenta partículas hasta 40 cm de tamaño las mismas que son reducidas a un tamaño de 2.54 cm. Esta fragmentación de las rocas será realizada por medio de operaciones de Cribado y Trituración de las materias primas como se describe a continuación:

#### **3.4.3.1. CRIBADO DE LAS MATERIAS PRIMAS**

La operación de cribado tiene como función principal alimentar la cantidad y el tamaño adecuado de las materias primas a la etapa de trituración. En la operación se usara una tolva con una Criba, sistema diseñado por rejillas que son un conjunto de barras paralelas, mantenidas y alejadas una de otras mediante espaciadores, con aberturas predeterminadas para el tamaño requerido en la trituración (menor o igual a los 40 cm).

Las barras instaladas en la Criba serán compuestas de un material de acero al manganeso, con el fin de reducir el desgaste de la criba de tipo estacionario y posibles contaminación de material en etapa de chancado.

La alimentación de las rocas a la criba será realizado mediante una pala cargadora, donde se deberá seleccionar las rocas que tengan una granulometría menor a 40 cm por las cribas, las rocas que no cumplen con la granulometría requerida serán sometidas a una fracturación por golpes para su paso de las rejillas mediante combos de aleación de acero al manganeso con mango largo. Además la tolva de la criba permitirá realizar el control del peso del material.

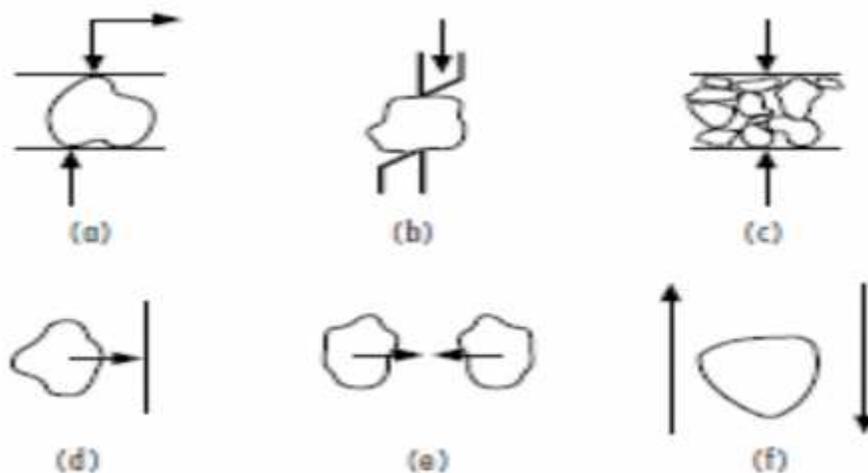
### 3.4.3.2. TRITURACIÓN O CHANCADO

Los cuerpos sólidos provenientes de la etapa de cribado (con una granulometría menor o igual de 40 cm), son alimentados al equipo para posteriormente obtener mediante los mecanismos de aplicación de fuerzas rocas de menor tamaño con una granulometría menor o igual de 2.54 cm, ya se ha por medio de fractura o quebrantamiento de las rocas cuarcitas.

Un factor a considerar es el contenido de humedad de las rocas cuarcitas; ya que cuando es inferior al 3 o 4 % en peso no surgen dificultades apreciables, por el contrario ejerce una acción beneficiosa en el proceso al reducirse la formación de polvo. Cuando el contenido de humedad excede el 4% el material se vuelve pastoso y adherente, tendiendo a atascar las máquinas, por lo que se sacara muestras cada cierta frecuencia para análisis de laboratorio de las muestras.

**Figura 3.2**

#### MECANISMOS DE APLICACIÓN DE FUERZAS



**Fuente.:** Manual del Ingeniero Químico Séptima Edición Pag 20-29 entre dos superficies sólidas: trituración o desgastamiento (fig 3.2 a), cizalladura (fig 3.2 b), trituración en un lecho de partículas fig (3.2 c) impacto sobre una superficie sólida (fig 3.2 d) o entre partículas ( fig 3.2 e) por acción del medio circundante (fig 3.2 f molino de coloides) aplicación no mecánica de energía (choque térmico, fragmentación explosiva, electro hidráulica)

El proceso de trituración de la materia prima cuarcita se desarrolla entre dos mandíbulas, de las cuales una es fija y la otra móvil (ejerciendo presión por las placas acodadas). Sus mandíbulas están revestidas con blindajes de perfil dentado en fundición a la coquilla o acero templado y el marco es de acero fundido (Walter H. Duda.1977)

La alimentación es realizada por la parte superior (boca de carga), y este va hacia el inferior (boca de abertura), la posición inclinada de la mandíbula móvil determina una oclusión mayor, con lo que la trituradora se efectúa gradualmente a medida que el producto se acerca a la boca de descarga. Cuando el tamaño es inferior a la abertura, el producto no puede ser retenido y cae.

La abertura o Setting es ajustable a voluntad dentro de ciertos límites. Las caras activas de las mandíbulas van forradas por planchas de aceros duros al manganeso, para evitar su rápido desgaste. (José Cuellar Gallardo-Carlos Gonzales C-Luis Lobos Flores., 1978)

La alimentación del material y la operación del chancado producen apreciables cantidades de polvo, lo que obliga a tomar medidas de mantención y limpieza por lo que se debe realizar una rutina importante en la inspección del sistema de lubricación y engrasado. Para el ajuste del tamaño del chancado hay varios sistemas a emplear:

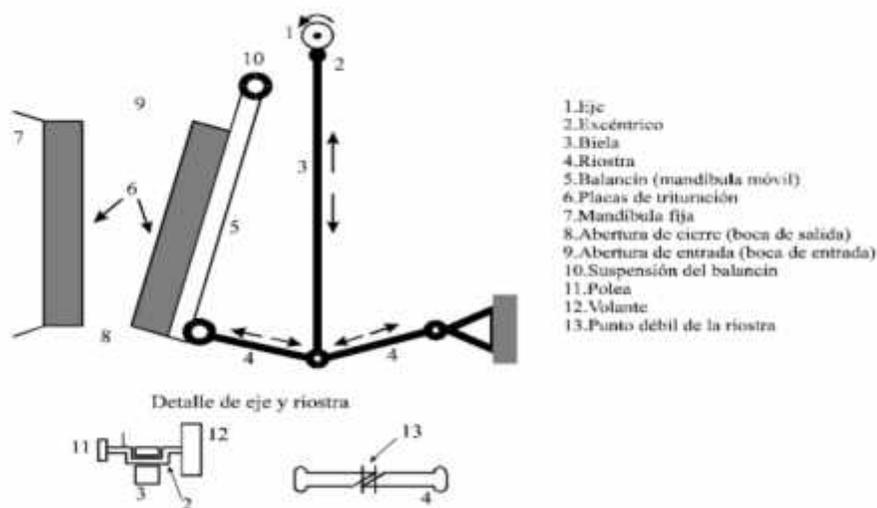
- Regulando la abertura de descarga
- Regulando el movimiento de la mandíbula móvil en cada revolución del eje leva
- Mediante la velocidad de la Chancadora.

La trituradora tipo Blake cuenta con dos mandíbulas (Ver Figura 3.3), una fija (7) y una móvil (5), que son las que producen la desintegración de las rocas con un movimiento de masticación. La mandíbula móvil se acerca y aleja de la fija pivoteando en un punto superior de suspensión (10). El movimiento de la mandíbula se logra por el accionamiento de un motor, que se acopla a través de correas, con un eje (1). En forma excéntrica al eje (2) va acoplada una biela (3) que merced a la excentricidad, sube y baja. Dicha biela, en su parte inferior tiene una articulación, a las que van unidas dos riostras (4) (o placas riostras). Dichas riostras se unen, en el extremo opuesto a la articulación, una a la mandíbula móvil (en su parte inferior) y la otra a un apoyo fijo. Al subir la biela, arrastra hacia arriba las riostras, horizontal izándolas y haciendo mover el extremo inferior de la mandíbula móvil hacia la fija. Cuando la biela baja, arrastra a las riostras hacia abajo y la mandíbula móvil se aleja de la fija. De esta forma, alternativamente, la

mandíbula móvil se acerca y aleja de la fija. Cuando se acerca comprime las rocas que se encuentran en el interior de la maquina; cuando se aleja las piedras van cayendo por gravedad. Las rocas a triturar ingresan por la boca de carga, en la parte superior (9) y salen de la maquina por la parte inferior (8) por gravedad. Durante su recorrido se van desintegrando.

**Figura 3.3**

**ACCIONAMIENTO DE TRITURADORA BLAKE**



**Fuente:**72.02 – 92.02 Industrias I Trituración Pag 13

En general la eficiencia del proceso depende principalmente del tipo de magnitud de la carga aplicada al sólido, y de la maquina utilizada. Así Owens estimo que un 10% de la potencia total se emplea en la fragmentación

**3.4.3.2.1 VELOCIDAD ANGULAR DEL CHANCADOR BLAKE**

Para el cálculo de la velocidad angular de la chancadora Blake Fuente Manual Tecnológico del Cemento DUDA pagina 32, nos permite medir el número de vueltas y determinar el caudal, junto con el tamaño del triturador de mandíbulas. Sin embargo el número de vueltas no debe ser demasiado alto, pues la experiencia demuestra que rebasado cierto límite, con el número de vueltas no se produce aumento perceptible del caudal. Su expresión es la siguiente

$$n_{pract} = 600 \sqrt{\frac{\tan \alpha_c}{sc}} \quad \text{Su expres} \quad (3.4)$$

**Dónde:**

$n_c$  = Número de vueltas por minuto de la chancadora (vueltas/min)

$s_c$  = Longitud del camino de la mandíbula móvil (cm)

$\alpha_c$  = Angulo de la Chancadora de 20° Fuente Manual Tecnológico del Cemento DUDA Pag 32

**3.4.3.2.2 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN CHANCADOR BLAKE**

Para el cálculo de la capacidad de producción (Fuente Manual Tecnológico del Cemento DUDA Pag 34. Taggart) desarrollo una fórmula práctica cuya expresión es:

$$Q_c = 0.093 \cdot \frac{n_c \cdot s_c \cdot \sin \alpha_c}{b_c + d_c} \quad (3.5)$$

**Dónde:**

$Q_c$  = Capacidad de producción de la chancadora (t/h)

$b_c$  = Ancho de la mandíbula, móvil (cm)

$d_c$  = Tamaño de medio de material triturado, en (cm)

**3.4.3.2.3 ENERGÍA PARA EL ACCIONAMIENTO DEL CHANCADOR**

La energía para el accionamiento de los trituradores de mandíbulas se calcula como sigue:

$$N_c = \frac{n_c \cdot b_{ca} \cdot (D_c^2 - d_{cc}^2)}{0.34} \quad (3.6)$$

**Dónde:**

$N_c$  = Potencia del motor para el triturador de mandíbulas, en CV

$n_c$  = Número de vueltas por minuto de la chancadora (vueltas/min)

$b_{ca}$  = Ancho de la mandíbula móvil en, (m)

$d_{cc}$  = tamaño medio de material triturado, en (m)

$D_c$  = Tamaño medio del material de alimentación, en (m)

#### 3.4.3.2.4. TAMIZADO A LA SALIDA DEL CHANCADOR

El proceso del tamizado a la salida de la molienda primaria mejora la clasificación de las rocas trituradas, esto permite el paso de las rocas de cuarcita con un tamaño menor o igual de 254 mm (1 pulgada), y después ser transportadas a la etapa de la molienda secundaria.

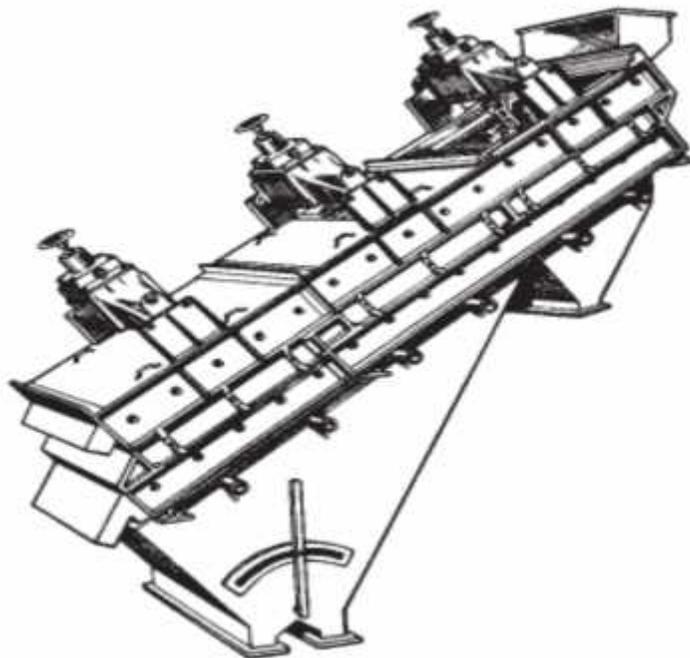
Debido a que la eficiencia del triturador Blake seleccionado es de un 80%, a la salida del proceso de la molienda primaria existirán rocas con un tamaño mayor a los 250 mm (1 pulgada), para esta situación en el presente proyecto se colocara adicionalmente una cinta transportadora que permita transportar las rocas que son rechazas por el tamiz, hacia la alimentación de entrada del triturador Blake (Ciclo cerrado en la molienda Primaria).

Este Tamiz de vibración eléctrica incluye la exactitud de la selección por tamaños, aumento en la capacidad por unidad de área, bajo costo de mantenimiento por tonelada de material manejado y ahorros en espacio y en peso.

La vibración del tamiz oscila entre (25 a 120 vibraciones/s) con una malla de paso de 1 pulgada, el material rechazado, es ingresado para su chancado nuevamente. Ver Figura 3.4.

**Figura 3.4**

#### **TAMIZ TIPO HUMMER DE VIBRACIÓN ELÉCTRICA**



**Fuente.:** Manual del Ingeniero Químico Séptima Edición Pag 19-25

### 3.4.4. MOLIENDA SECUNDARIA

Las rocas provenientes de la molienda primaria (con un tamaño menor o igual al de 250 mm) ingresan a la Molienda secundaria, que tiene como principal función reducir por una combinación de impacto y abrasión obteniendo un producto Final denominado Arena de Sílice con una granulometría menor o igual de malla 200 o 74 micrones.

En esta etapa se describe la operación de molienda y las ecuaciones para el dimensionamiento de los equipos a utilizar en la misma.

Es este proceso de molienda Secundaria se usa los siguientes equipos:

1. Molino de Bolas
2. Separador Estático
3. Ciclón de Tiro Inducido

Las variables que se controlarán durante la molienda son:

- Sonido y Tamaño de los cuerpos moledores
- Finura de la materia (Residuo)
- Amperímetro del motor (Potencia)

**El sonido y tamaño** de los cuerpos moledores nos indica la cantidad de carga dentro del molino. El sonido debe ser claro ya que si se produce ruidos muy sordos u opacos, es porque el molino está sobrecargado de materia prima o por el exceso de carga de los cuerpos moledores.

**La finura (Residuo)** de la materia permite mostrar si la molienda nos permite obtener la malla deseada por la planta, o si la misma está siendo afectada por la dureza o el tamaño de la materia prima en la alimentación.

**El amperímetro** que esta intercalado en el circuito del motor eléctrico tiene la función de determinar y medir el consumo de amperios de la intensidad de corriente permitiendo ver los parámetros normales de funcionamiento del molino.

#### 3.4.4.1. MOLINO DE BOLAS

Su función es de realizar la molienda gruesa de los cuerpos provenientes de la molienda Primaria el mismo está Constituido por:

- **Casco:** Soporta impactos y carga pesada, construido de placas de acero forjadas y soldadas. Tendrá perforaciones para sacar los pernos que sostienen el revestimiento o forros.
- **Extremos:** los extremos del molino, o cabezas de los muñones serán fabricados de hierro fundido gris en caso de diámetros menores de 1m..
- **Revestimientos:** las caras de trabajo del molino consisten de revestimientos renovables que deben soportar impacto, estos serán resistentes a la abrasión y deben promover el movimiento más favorable de la carga. Los extremos de los molinos de bolas generalmente están hechos de acero al manganeso o acero al cromo-molibdeno, con alta resistencia al impacto, también los hay de goma.

Para el diseño del molino de Bolas se toma en cuenta:

- A. Potencia Exigida por el molino de Bolas
- B. Dimensiones optimas del Molino de bolas
- C. La Velocidad de rotación Critica del molino
- D. Peso específico del Montón
- E. Caudal del molino de bolas
- F. Volumen de llenado

### 3.4.4.1.1. POTENCIA EXIGIDA POR EL MOLINO DE BOLAS

La tercera teoría de BOND considera que el trabajo total necesario para reducir un tamaño cualquiera a otro inferior es inversamente proporcional a la raíz cuadrada resultantes. (BOND)

$$W = \frac{10}{\sqrt{P}} \frac{W_i}{F} \quad (3.7)$$

$W$  = Potencia kwh por tonelada (907) kg del material

$F$  = Tamaño del material de alimentación cuyo 80% pasa por el tamiz, en  $\mu\text{m}$

$P$  = Diámetro del material terminado cuyo 80% pasa por el tamiz, en  $\mu\text{m}$ .

$W_i$  = Índice de trabajo de molienda de Bond de cuarcita 12.18 (PERRY Tabla 20.4)

### 3.4.4.1.2. DIMENSIONES ÓPTIMAS DEL MOLINO DE BOLAS

Para las dimensiones óptimas de un molino de bolas se emplea la expresión usada por (DAWN):

$$W = 0,284 \frac{D_1^3 (A + G + n_m^2)}{n_m^2} \quad (3.8)$$

$D_1$  = Diámetro interno del molino, (m)

$A$  = es (1,073- ); = Es la fracción de grado de llenado del molino Fuente Manual Tecnológico del Cemento pág. 73

$G$  = es el peso de la bolas (t)

$n_m$  = Es el número de vueltas real del molino (vueltas/minuto)

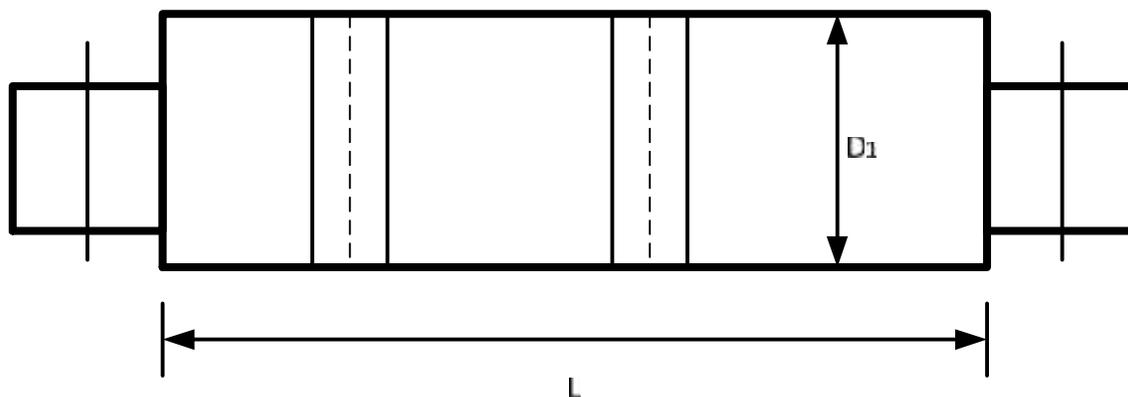
Solamente son óptimas las dimensiones del tubo de un molino cuando, para un caudal dado, tiene el peso mínimo. Para asegurar la estabilidad del molino, la exigencia del peso mínimo es consecuente con la exigencia de la mínima superficie del tubo.

Se ha establecido la ecuación por la cual se obtiene el mínimo de peso del molino para una determinada relación de la longitud al diámetro del mismo (DUDA Pág. 101). Se tiene como relación para un molino de tres cámaras:

$$\frac{L}{D_1} = 4.5 \quad (3.9)$$

Figura 3.5

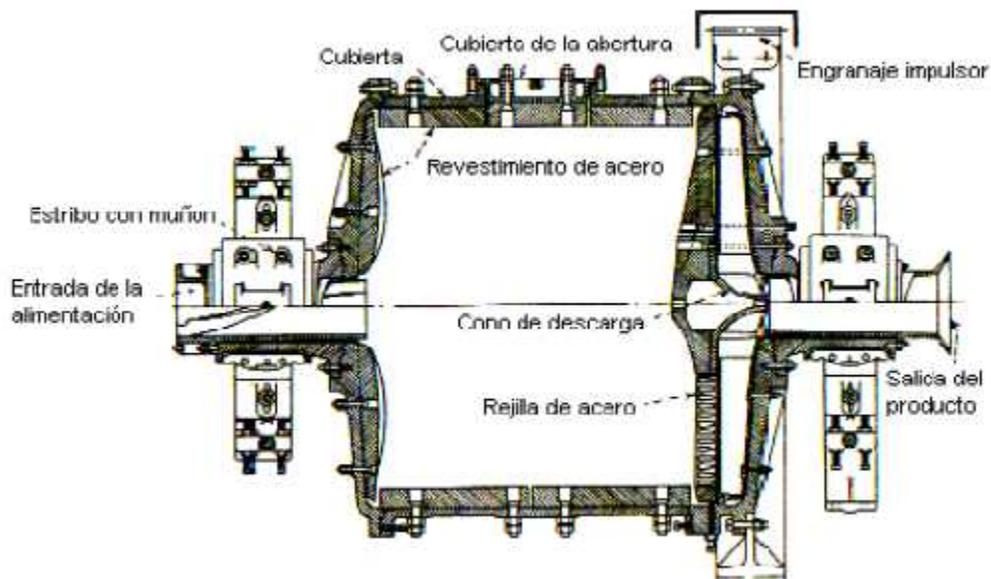
#### DIMENSIONES ÓPTIMAS PARA UN MOLINO DE TRES CAMARAS



Fuente: Manual Tecnológico del Cemento DUDA Pag 101

Figura 3.6

### MOLINO DE BOLAS CONTINUO DE TIPO REJA MARCY

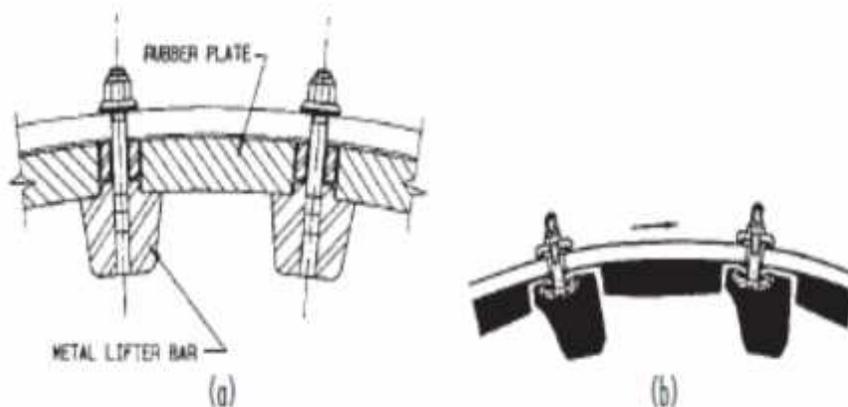


**Fuente:** Manual del Ingeniero Químico Séptima Edición Pag 20-41

El recubrimiento del molino de bolas será de caucho ver Figura 3.7 (b) siendo fácil de remplazar al desgastarse evitando además la contaminación de partículas de Hierro al producto, este recubrimiento puede tener una acción desviadora debido a una forma ondulada que ajusta la carga de bolas con la cubierta evitando la pérdida de velocidad por deslizamiento.

Figura 3.7

### FORMAS DE RECUBRIMIENTO DE MOLINO DE BOLAS



(a) recubrimiento combinado (b) recubrimiento con caucho

**Fuente:** Manual del Ingeniero Químico Séptima Edición Pag 20-41

### 3.4.4.1.3. VELOCIDAD DE ROTACION CRÍTICA DEL MOLINO

Es la velocidad teórica a la que la fuerza centrífuga ejercida sobre una bola en contacto con la cubierta del molino a la altura de su trayectoria, es igual a la fuerza ejercida sobre ella debido a la gravedad.

**Figura 3.8**

#### REPRESENTACIÓN GRAFICA DE LA VELOCIDAD ANGULAR CRÍTICA

$G_b$  = Peso de una bola para molienda

$r$  = Radio (m)

$C_m$  = Fuerza centrífuga, (kg)

$\alpha$  = Angulo de elevación

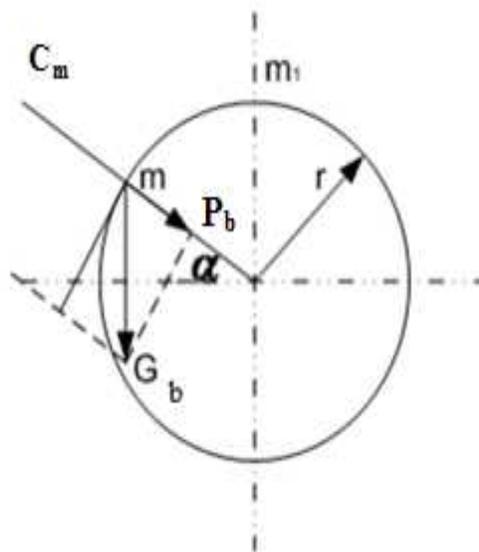
$P_b$  = Acción resultante de la fuerza de la gravedad

$m$  = Masa de la bola

La fuerza centrífuga del molino es igual a:

$C_m = m \omega^2 r$  = Velocidad angular del molino, (radianes/s)

$g$  = Gravedad ( $m/s^2$ )



$$C_m = m \omega^2 r \quad (3.10)$$

$$m = \frac{G_b}{g} \quad (3.11)$$

Remplazando la masa de la bola ( $m$ ) en **Ecuación. 3.10**

$$C_m = \frac{G_b \omega^2 r}{g} \quad (3.12)$$

Si la acción resultante de la fuerza de gravedad ( $P_b$ ) es:

$$P_b = G_b \sin \alpha \quad (3.13)$$

Remplazando con la condición de que  $C_m = P_b$ :

$$\frac{G}{g} \cos^2 \alpha \geq G_b \sin \alpha \quad (3.14)$$

Si  $\alpha = 90^\circ$  cuando la bola se encuentra en el punto  $m_1$  queda:

$$\omega_r \geq \frac{g}{r} \quad (3.15)$$

Si en la desigualdad sustituimos el valor de  $(\alpha)$

$n_m$  = Número de vueltas de molino de bolas

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (3.16)$$

Remplazando  $(\alpha)$  en **Ecuación 3.15**

$$\left(\frac{2\pi n_m}{60}\right)^2 r \geq \frac{g}{\cos^2 \alpha} \quad (3.17)$$

Despejando  $n_m$  = Número de vueltas de molino de bolas

$$n_m = \sqrt{\frac{60^2 * g}{4\pi^2 * r}} \quad (3.18)$$

Remplazando los valores de la  $g = 9.81$  y  $\alpha = 3.14$  y el  $r = D_1/2$ . Quedando la ecuación en el sistema métrico:

$$n_m = \frac{42.3}{\sqrt{D_1}} \text{ Si } \text{na métrico} \quad (3.19)$$

#### 3.4.4.1.4. PESO TOTAL DE LOS CUERPOS MOLEDORES

Se toma en cuenta la relación que existe entre el peso específico del montón  $g_m$  y el volumen que ocupan las bolas dentro del molino  $V_m$ .

$V_m$  = Volumen del montón ( $m^3$ )

= grado de llenado de las bolas en el apilamiento

$V$  = Volumen del recinto de molienda ( $m$ )

$$V^{m_1} = \psi * V \quad (3.20)$$

El Volumen útil del molino es igual a:

$D_1$  = Diámetro interno del molino

$L$  = Longitud del molino (m)

$$V = \frac{\pi D_1^2 L}{4} \quad (3.21)$$

Remplazando V:

$$V^{m_1} = \psi * \frac{\pi D_1^2 L}{4} \quad (3.22)$$

Siendo  $G$  el peso específico del montón donde:

$g_m$  = Peso específico aparente del montón

$$G = g_m * V^{m_1} \quad (3.23)$$

Remplazando se obtiene la expresión para el cálculo:

$$G = g_m * \psi * \frac{\pi D_1^2 L}{4} \quad (3.24)$$

### 3.4.4.1.5. CAUDAL DEL MOLINO DE BOLAS

Según TOWORROW, la fórmula que dedujo para calcular el caudal de los molinos de bolas es:

$$Q = q * \frac{a * b * c}{1000} * 6.7 * V * \sqrt{D_1} * \sqrt{\frac{G}{V}} \quad (3.25)$$

$Q$  = Caudal del molino, en toneladas por hora

$q$  = Caudal específico del molino en kg de material de alimentación por kWh de consumo energético, con un 10% de residuo al Tamiz 4900 mallas/cm<sup>2</sup>; Caudal específico con 40kg/kWh

$a$  = Coeficiente de molturabilidad; Tabla I-3

$b$  = Factor de corrección para molienda fina; Tabla 6.6.3 Coeficiente de corrección para un % de residuo de Tamiz de 10 donde el factor de corrección es de 1

$c$  = Factor de corrección por el tipo de molino; Tabla 6.6.4 para un circuito cerrado y un molino con separador de aire de 1,3-1,5

$V$  = Volumen del recinto de molienda ( $m^3$ )

$D_I$  = Diámetro interior del recinto de molienda en (m)

$G$  = Peso de los cuerpos moledores

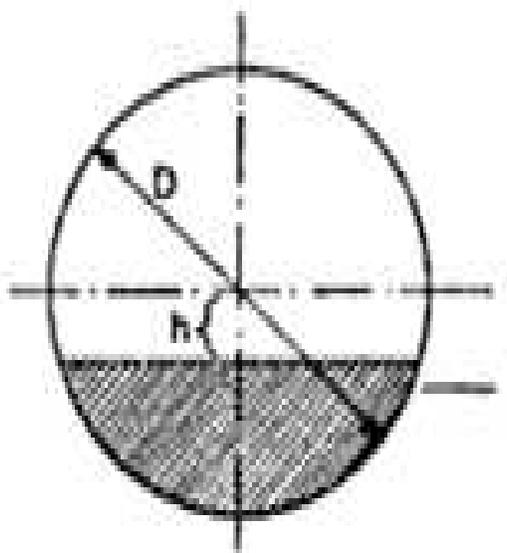
#### 3.4.4.1.6. VOLUMEN DE LLENADO DE BOLAS

El volumen o nivel de carga de bolas está relacionado con la dureza de las rocas y tonelaje de alimentación que puede tratar el molino para un mismo grado de molienda, y para su cálculo se toma la relación entre el volumen de apilamiento de las bolas y el volumen de trabajo del molino. Según **L.B Lewenson** el grado de llenado debe ser de:

$$h = 0.16 D \quad (3.26)$$

**Figura 3.9**

#### LLENADO DE CUERPOS MOLEDORES SEGÚN LEWENSON



**Fuente:** Manual tecnológico del Cemento DUDA Pag 73

El grado del volumen de llenado varía entre el 25% y el 45%. Por debajo del 25% los cuerpos molidores se deslizan sobre el blindaje, por encima del 45% se originan dificultades en las trayectorias de caída. Normalmente los molinos operan con un volumen de 40 a 42% del volumen total del molino, para el dimensionamiento se tomara el grado de llenado del 40%.

### 3.4.4.1.7. CUERPOS MOLEDORES

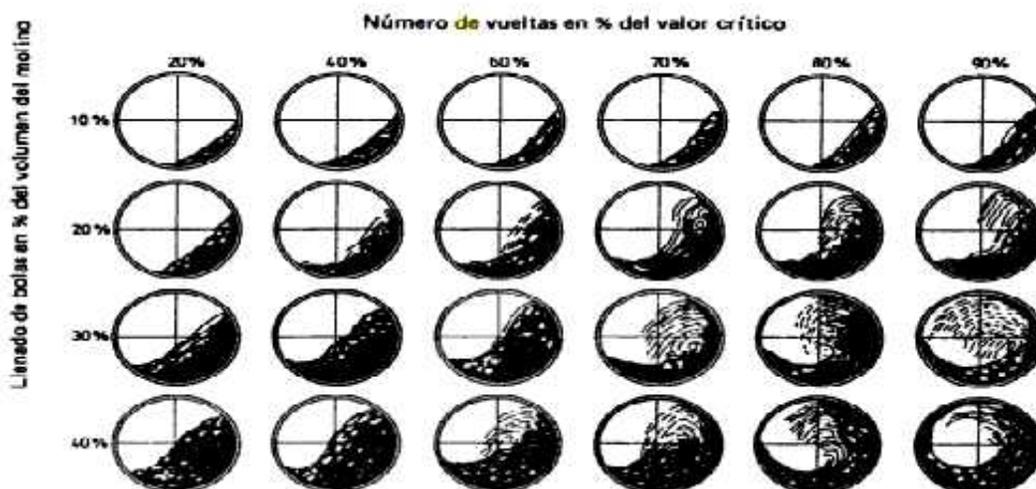
Los cuerpos molidores cuya acción de rotación transmite a la carga fuerzas de tal naturaleza que estos se desgastan por abrasión e impacto, es esencial que las bolas estén cubiertas con una capa de mena; una pulpa demasiado diluida aumenta el contacto metal-metal, aumentando el consumo de acero y disminuyendo la eficiencia. La eficiencia de la molienda depende del área superficial del medio de molienda. Las bolas deberían ser lo más pequeñas posible y la carga debería ser distribuida de modo tal que las bolas más grandes sean justo lo suficientemente pesadas para moler la partícula más grande y más dura de la alimentación.

Una carga balanceada consistirá de un amplio rango de tamaños de bolas y las bolas nuevas agregadas al molino generalmente son del tamaño más grande requerido.

La frecuencia de carga de los agentes de molienda, bolas dependen de estas variables: Tiempo de operación de la molienda, tonelaje de mineral de trabajo, tamaño de la carga en la entrada del molino, malla deseada por la planta y dureza del mineral de alimentación.

**Figura 3.10**

### MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS MOLEDORES



Fuente: Manual tecnológico del Cemento DUDAPag 73

La masa de las bolas en las cámaras está dada por la siguiente ecuación:

$$M_c = V_c \cdot \rho_m \quad (3.27)$$

$M_c$  = masa de las bolas en las cámaras en toneladas (t)

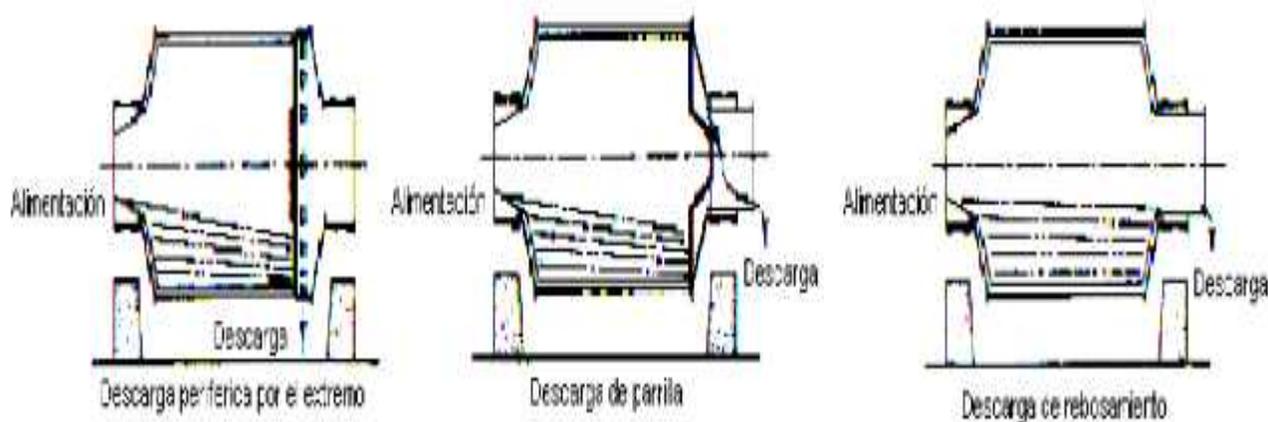
$V_c$  = Volumen de la cámara en metros cúbicos ( $m^3$ )

$\rho_m$  = Densidad de las bolas  $4.55 \text{ t/m}^3$  (Fuente Manual Tecnológico del Cemento Pág. 74)

Los esquemas de alimentación y descarga de los molinos de Bolas dependen de su modo de operación, se muestra a continuación los mecanismos de alimentación y descarga:

**Figura 3.11**

### ESQUEMAS DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA DE MOLINOS



Fuente: Manual del Ingeniero Químico Séptima Edición Pag 20-45

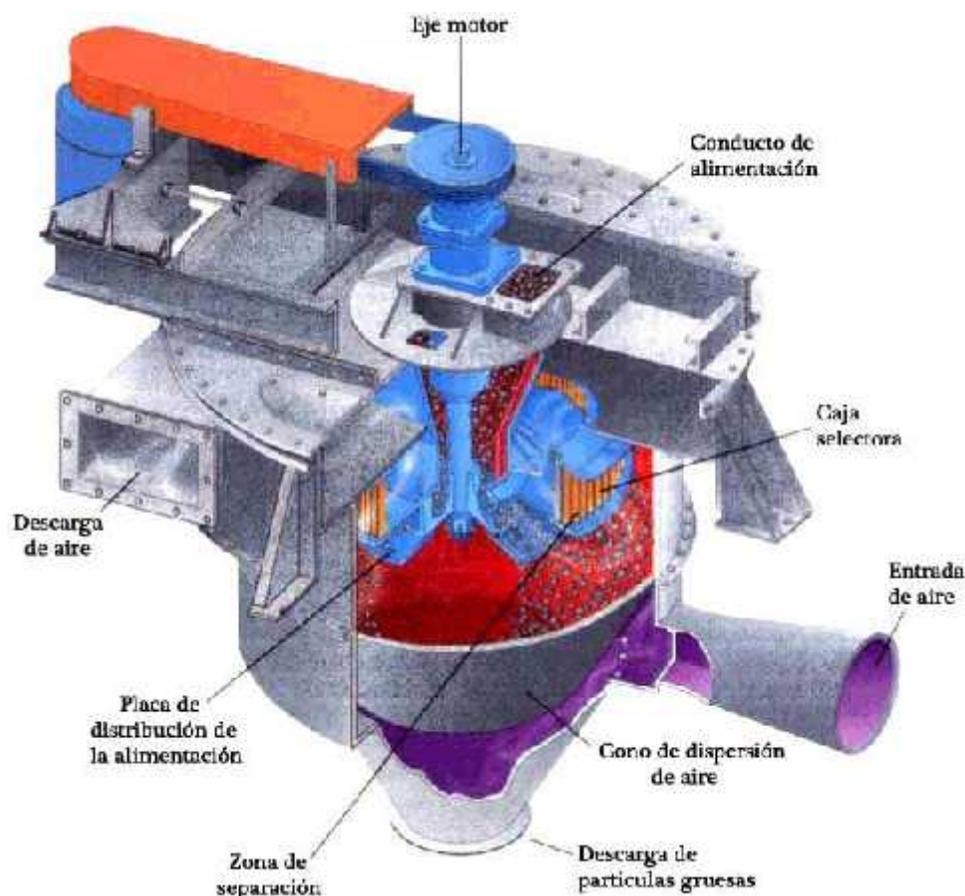
#### 3.4.4.2. SEPARADOR ESTÁTICO DE AIRE.

La función es de separar los granos finos de los gruesos. Este aire con los finos (Producto final de la molienda) se lleva a un colector de polvo, generalmente un ciclón o un filtro, donde las partículas finas se separan de la corriente de aire.

Como consecuencia del aumento de la sección transversal de paso de la corriente de aire, su velocidad disminuye, con lo que las partículas de mayor tamaño (más pesadas) se separan de la corriente de aire.

La relación de Separación es de 2:1

**Figura 3.12**  
**SEPARADOR ESTÁTICO DE AIRE**



Fuente: [www.air-classifier.com](http://www.air-classifier.com)

#### 3.4.4.2.1. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL SEPARADOR

Para la selección del tamaño se puede usar la siguiente ecuación:

$$\frac{O_m}{O_B} = 0.625 \frac{r_p}{r_s} \cdot 250 \quad (3.28)$$

$O_m$  = Superficie geométrica relacionada a la masa; factor de forma del sólido definido como el cociente del área de una esfera equivalente al volumen de la partícula considerada, dividido por la superficie real ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )

$O_B$  = Blaine Considerado

Para el presente estudio el diseño del separador será en base de la **Tabla 15.2.2** del Manual del Cemento DUDA en su Pág. 146.

### 3.4.4.2.2. DIMENSIONES DEL SEPARADOR

Según Tanaka propugna las siguientes recomendaciones para las relaciones dimensionales de algunos elementos constructivos de un separador convencional por aire, de acuerdo a esto las dimensiones tomadas han de satisfacer las relaciones siguientes:

$$b = 0.1 d_s \quad (3.29)$$

$$d_i = 0.7 d_s \quad (3.30)$$

$$d_1 = 0.7 d_s \quad (3.31)$$

$$d_2 = 0.5 d_s \quad (3.32)$$

$$d_3 = 0.33 d_s \quad (3.33)$$

$d_s$  = Diámetro optimo del Separador (m)

$b'$  = Altura de las paletas del ventilador principal (m)

$d_i$  = Diámetro del recinto de separación (m)

$d_1$  = Diámetro del ventilador principal (m)

$d_2$  = Diámetro del ventilador auxiliar (m)

$d_3$  = Diámetro del plato del separador (m)

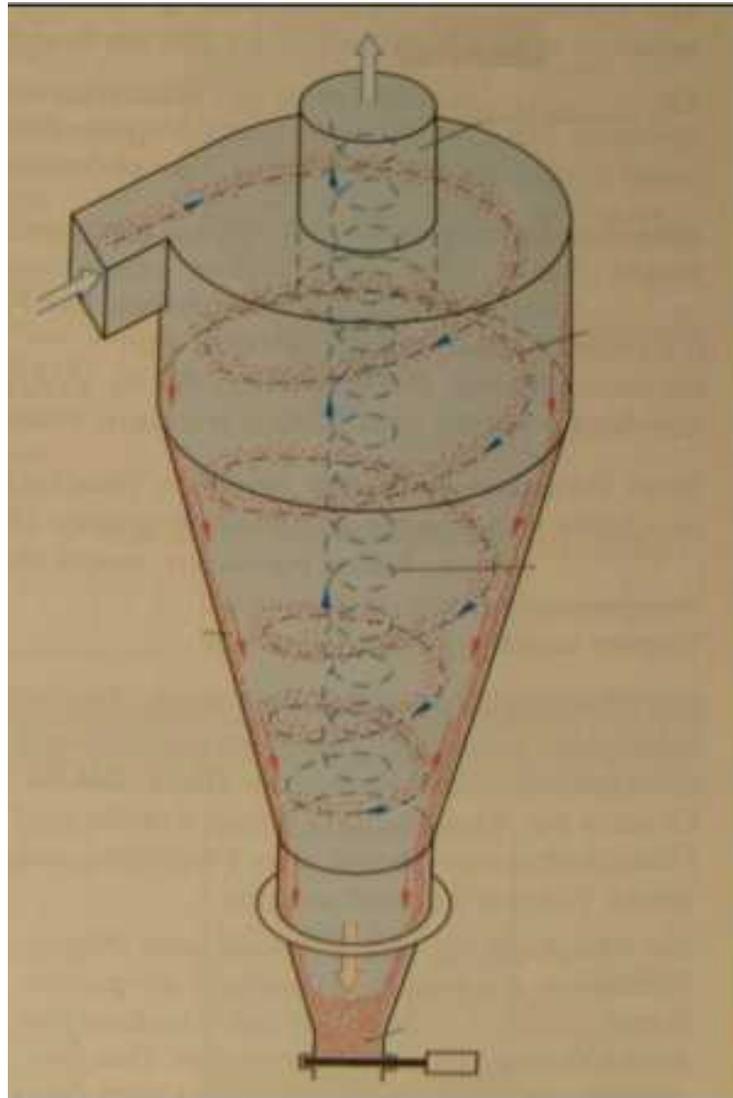
### 3.4.4.3 CICLÓN

El equipo de recolección de polvo que se usa es el ciclón que remueve el material particulado de la corriente gaseosa, basándose en el principio de impacto inercial, generado por la fuerza centrífuga.

La figura 3-13 muestra el movimiento de las partículas mayores hacia las paredes del ciclón debido a la fuerza centrífuga.

Figura 3.13

## MECANISMOS DE COLECCIÓN DE PARTÍCULAS EN UN CICLÓN.



**Fuente:** Diseño Optimo de Ciclones Medellín 2006

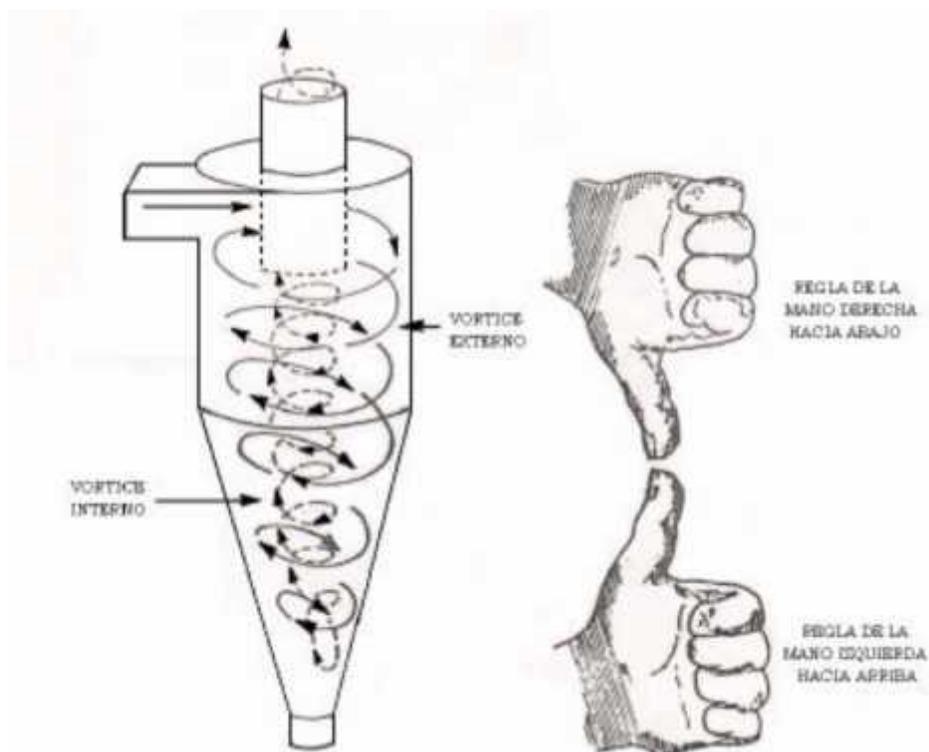
La trayectoria del gas comprende un doble vórtice, en donde el gas dibuja una espiral descendente en el lado externo y ascendente en el lado interno.

La Figura 3-14 ilustra dichos vórtices donde el gas entra en la cámara superior tangencialmente y descende en espirales hasta el ápice de la sección cónica; luego asciende en un segundo espiral, con diámetro más pequeño, y sale por la parte superior a través de un ducto vertical centrado.

Los sólidos se mueven radialmente hacia las paredes, se deslizan por las paredes, y son recogidos en la parte inferior.

Figura 3.14

## VÓRTICES EN EL CICLÓN



Fuente: Diseño Optimo de Ciclones Medellín 2006

Existen tres tipos de Ciclones de tipo tangencial

- a) Normal
- b) Entrada con envoltura circular
- c) Entrada Curvada

De los tres tipos de Ciclones mencionados anteriormente se selecciona al b), debido a su sencillez constructiva, mayor capacidad de operación y alta eficiencia

#### 3.4.4.3.1 DIMENSIONES DEL CICLÓN

La capacidad de los manejos de estos Ciclones, se expresa mediante la ecuación (3.34) referencia de Tesis "Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija" Walter Pedro Jerez Justiniano pág. 102

$$Q' = K_D + D_{op}^2 \quad (3.34)$$

$Q'$  = Flujo de gas pie<sup>3</sup>/min

$D_{op}$  = Diámetro del ciclón pie

$K_D$  = constante de la entrada tangencial del gas

**Figura 3.15**

### DIMENSIONES DEL CICLÓN

**Diámetro de salida (m)**

$$D_o = 0,5D_{op} \quad (3.35)$$

**Altura de entrada del ciclón (m)**

$$a' = 0,5D_{op} \quad (3.36)$$

**Ancho de la entrada (m)**

$$b_1 = 0,25D_{op} \quad (3.37)$$

**Altura de Salida (m)**

$$s^{\circ} = 0,875D_{op} \quad (3.38)$$

**Altura Parte cilíndrica (m)**

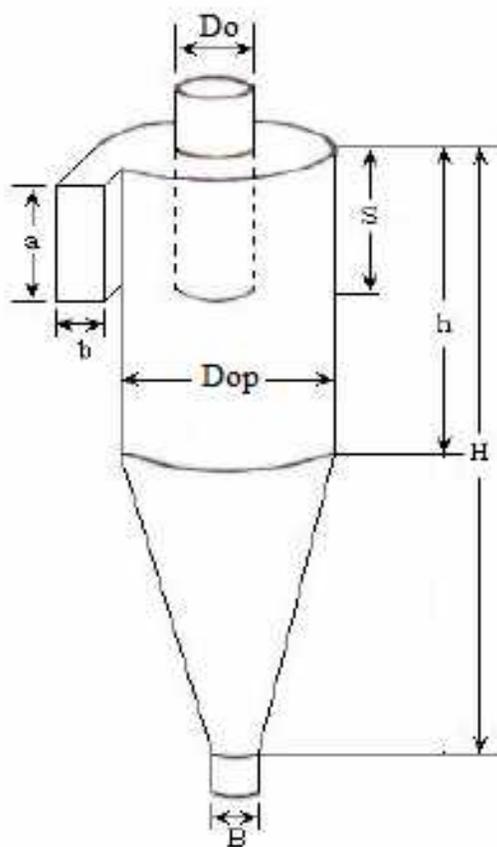
$$h = 2D_{op} \quad (3.39)$$

**Altura total del ciclón (m)**

$$H = 4D_{op} \quad (3.40)$$

**Diámetro de salida del ciclón (m)**

$$B_o = 0,25D_{op} \quad (3.41)$$



Fuente: Dimensionamiento de Ciclones Medellín 2006

El cálculo del exponente de la forma modificada  $n_{es}$  es calculado con la ecuación 3.42 y para la corrección de la temperatura la ecuación 3.43: (Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano pág. 103)

$$n^0 = \frac{(39,37 \cdot Dop)^{0,14}}{2,5} \quad (3.42)$$

$$\left(\frac{1-n^0}{1-n^1}\right) = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{0,3} \quad (3.43)$$

Donde

$n_0$  = exponente de la forma modificada del vórtice del ciclón

$n_1$  = exponente corregido modificado para el vórtice del Ciclón a las temperaturas absolutas (°K)

$T_1$  = Temperatura absoluta de referencia para el gas (°K)

$T_2$  = Temperatura absoluta de gas de entrada al ciclón (°K)

Para el cálculo de la longitud natural del ciclón  $L_n$  se usa la siguiente ecuación empírica Referencia Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano (pág. 104):

$$L_n = 2,3 \cdot Do \cdot \left(\frac{Dop}{a + b1}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.44)$$

Donde

$L_n$  = Longitud natural del ciclón (m)

Si el valor de  $L_n$  es menor que el valor de  $(H-s^0)$  se calcula  $v_{nL}$

Si el valor de  $L_n$  es mayor que el valor de  $(H-s^0)$  se calcula  $v_h$

Ref: HORZELLA THEODORE I. “Selecting installing Cyclone dust collectors” Chemical Engineering, Vol. 8.

$$d = Dop - (Dop - B^0) \cdot \left[\frac{(s^0 + L_n - h)}{(H - h)}\right] \quad (3.45)$$

Para el volumen natural del ciclón  $V_{nL}$  se usa la ecuación 3.46 Referencia Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano (pág. 104):

$$V_{IH} = \left( \frac{\pi + DOP^2}{4} + (h - s)^2 \right) + \left( \frac{\pi + DOP^2}{4} + \left[ \frac{LH + s^2 + h^2}{3} \right] \right) * \left( 1 + \frac{d}{DOP} + \frac{d^2}{DOP^2} \right) - \left( \frac{\pi + DOP^2 + LH}{4} \right) \quad (3.46)$$

O el volumen para la altura del ducto de entrada del ciclón  $V_{IH}$  se usa la ecuación 3.46 Referencia Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano pág. 104.

$$V_{IH} = \left( \frac{\pi + DOP^2}{4} + (h - s)^2 \right) + \left( \frac{\pi + DOP^2}{4} + \left[ \frac{LH + s^2 + h^2}{3} \right] \right) * \left( 1 + \frac{B_0}{DOP} + \frac{B_0^2}{DOP^2} \right) - \left( \frac{\pi + DOP^2 + LH}{4} \right) \quad (3.47)$$

Conociendo que el Volumen sobre la salida del ciclón  $V_B$  ecuación 3.48

$$V_B = \frac{\left[ \pi + \left( s^2 - \frac{a}{2} \right) + \left( DOP^2 - D^2 \right) \right]}{4} \quad (3.48)$$

Se procede a realizar el cálculo de la Constante de corrección para el volumen natural del ciclón  $Kc$  ecuación 3.49o caso contrario la Constante de corrección para la altura del ducto de entrada del ciclón  $kc$  ecuación 3.50

$$Kc = \frac{\left( \frac{V_B - V_{nk}}{2} \right)}{\frac{3}{DOP}} \quad (3.49)$$

$$kc = \frac{\left( \frac{V_B - V_{IH}}{2} \right)}{\frac{3}{DOP}} \quad (3.50)$$

Calculando la constante de corrección de altura del ducto del ciclón  $Ka'$  ecuación 3.51 y la constante de corrección del ancho del ducto de entrada del ciclón  $K_{b1}$  ecuación 3.52 se procede a realizar el Calculo del Número de diseño del ciclón  $Cc$  ecuación 3.53 Referencia Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano pág. 105.

$$Ka' = \frac{\lambda'}{DOP} \quad (3.51)$$

$$K_{b1} = \frac{\lambda_1}{DOP} \quad (3.52)$$

$$C_c = \frac{3K_t}{K_{a'} * K_{b1}} \quad (3.53)$$

Donde

$K_{a'}$  = Constante de corrección de altura del ducto del ciclón

$K_{b1}$  = Constante de corrección del ancho del ducto de entrada del ciclón

$C_c$  = Número de diseño del ciclón

Para el cálculo del parámetro modificado de impactación del ciclón  $\Psi$  para un solo tamaño de partícula se emplea la ecuación 3.54 Referencia Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano pág. 105.

$$\Psi = \frac{\left[ \frac{\rho_s * d_s^2 * U_{T2}^2 * (n_1 + 1)}{18 * \mu_G * D_{OP}} \right]}{\quad} \quad (3.54)$$

Donde

$\rho_s$  = Densidad de las partículas (kg/m<sup>3</sup>)

$d_s$  = Diámetro de la partícula

$U_{T2}$  = Velocidad tangencial de la partícula (m/s) es =  $Q'/a'b_1$

$\mu_G$  = Viscosidad del gas aire(kg/m\*s) “Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones”, 1ª edición, McGraw-Hill, 2006. Tabla A-9. =  $1.963 \times 10^{-5}$

$Q'$  = Flujo volumétrico del gas (m<sup>3</sup>/s) es =  $k_D * D_{OP}^2$

$k_D$  = Constante que depende de la forma de entrada del gas en el caso es de 900 tipo tangencial Referencia Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano pág. 121

### 3.4.4.3.2. EFICIENCIA DE COLECCIÓN DEL CICLÓN

La eficiencia del ciclón esta emparejada con la determinación de un apropiado tiempo de residencia promedio para el gas en el equipo, de manera que permita derivar una ecuación adecuada. Esto depende de tres parámetros a dimensionales:  $C_c$ , un número de diseño del ciclón

que depende de la forma física  $\Psi$ , un tipo modificado del parámetro de impactación que depende de las condiciones tales como la velocidad del gas, presión y rendimiento.

Usando los valores de  $C_c$ ,  $\Psi$ , y  $n_1$  se determina la eficiencia de colección del ciclón:

$$\eta = 1 - \exp\left(-2 \left(\frac{\Psi n_1}{C_c}\right)^{1/(2+2m)}\right) \quad (3.55)$$

### 3.4.4.3 CAIDA DE PRESION EN EL CICLÓN

Un método para calcular la caída de presión en Ciclones está dado por Stairmand, que se basa en las pérdidas moderadas en varios puntos del ciclón en términos de velocidad, dado por:

$$\text{Caída de presión en distintos puntos del ciclón} = \frac{U^2 (\delta_G + \delta_P)}{2g} \quad (3.56)$$

Las caídas de presión dentro de las tuberías de entrada y salida actualmente están formadas por la ecuación normal de caídas de presiones en la tubería (Ecuación de Fanning)

Stairmand encontró que las pérdidas dentro del ciclón son pérdidas de fricción de la pared y una pérdida de energía cinética. La última está definida como el cuadro de la diferencia entre la velocidad principal en la entrada y en la periferia del núcleo interior.

$$\text{Pérdidas en el ciclón} = (\delta_G + \delta_P) * \left( \frac{U_{max}^2 - U_1^2}{2g} \right) \quad (3.57)$$

Mientras que el factor de fricción en la pared  $\Phi$ , está definido como la relación de la velocidad angular  $U_1'$  en el radio de la entrada  $(D_{OP}/2 - b_1/2)$ , y la velocidad lineal en la tubería de entrada:

$$\Phi = \frac{U_1'}{U_1} \quad (3.58)$$

Es decir:

$$= \frac{\left\{ -\left\{ \frac{D_o}{(D_{op} - b_1)} \right\}^{1/2} + \left\{ \frac{D_o}{2(D_{op} - b_1)} + 4G_f A_c / a' b_1 \right\}^{1/2} \right\}}{2G_f A_c / a' b_1} \quad (3.59)$$

$$A_c = \pi D_o p h + \pi D_o p s^2 + \pi \left[ \frac{(D_o p + h^2)}{2} \right] (H - h) \quad (3.60)$$

$G_f$  = Constante de fricción igual a 0,005 para ciclones con gas (Tesis “Optimización de la molienda del cemento SOBOCE S.A-Tarija” Walter Pedro Jerez Justiniano pág. 107)

$A_c$  = Superficie o área expuesta por el ciclón a los gases (m<sup>2</sup>)

$a'b_1$  = Área de la sección transversal del ducto de entrada (m<sup>2</sup>)

La pérdida de presión en el ciclón entonces se puede calcular de la combinación de los dos factores de pérdida:

$$P = \frac{\rho_c \delta' p}{2g} \left\{ U_1^2 \left[ 2\Phi \left( \frac{D_o - b}{D_o} \right)^2 \right] + 2 U_o^2 \right\} \quad (3.61)$$

Dónde:

$U_o$  = Velocidad a la salida del tubo =  $4Q' / D_o^2$ , (m/s)

$U_1$  = Velocidad lineal a la entrada =  $Q' / a'b_1$  (m/s)

$p'$  =  $c' (s - G)$ , dado para la concentración de partículas  $c'$  (kg/m<sup>3</sup>)

$c' = ds / s$

$ds$  = Densidad de los sólidos dispersos (kg/m<sup>3</sup>)

$G$  = Densidad de las partículas (kg/m<sup>3</sup>)

#### 3.4.4.3.4 SELECCIÓN Y POTENCIA DEL VENTILADOR

Los ventiladores se clasifican por la dirección de flujo de aire en ventiladores de flujo radial y de flujo axial. Los primeros impulsan el gas por acción de la centrifuga, mientras que los segundos presentan un flujo simple, paralelo a la flecha del ventilador.

En general los ventiladores centrífugos son más fáciles de controlar, más fuertes y menos ruidosos que los de flujo axial.

Los ventiladores radiales o centrífugos pueden presentar las aletas o alabes dispuestos en tres formas:

- Alabes planos
- Alabes curvados hacia atrás
- Alabes curvados hacia delante

Las eficiencias de funcionamiento de los ventiladores se encuentran entre los rangos de 40 a 70%. La potencia necesaria para un ventilador centrífugo se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$P_v = \frac{Q' \Delta P_1}{102 \eta_2} \quad (3.62)$$

Dónde:

$P_v$  = Potencia requerida por el ventilador (kw)

$Q'$  = Flujo de gas en ( $m^3$ )

$P_1$  = Aumento de presión o carga total desarrollada por el ventilador ( $kgf/m^2$ )

$\eta_2$  = Eficiencia combinada motor ventilador.

#### 3.4.4.4. ELEVADOR DE CANGILONES

El transporte de la arena de sílice a la salida del molino será realizado mediante un Elevador de Cangilón espaciado y descarga centrífuga.

Estos elevadores como se muestran en la Figura 3-17 son los más comunes y normalmente están equipados con cangilones del tipo estándar (1) o del tipo estándar con labio reforzado (2). Estos se encuentran montados en banda o cadena y los cangilones se espacian para evitar la interferencia en la carga y descarga, sirven para materiales secos-pulverizados en terrones pequeños tales como carbón, piedras, arena, etc.

Los elevadores que manejan materiales ligeros pueden trabajar a velocidades de 45 a 75 m/min a esta velocidad, normalmente el material, es volcado desde los cangilones situados en la parte superior del elevador de forma que un canalón colocado muy próximo a la cabeza de la rueda y recibe la descarga.

Para el diseño de los mismos se debe tener en cuenta

**El Número de vueltas del cangilón (N)**

$$N = \frac{V_c}{2H_c} \quad (3.63)$$

N = Numero de vueltas de cangilones (vueltas/h)

$V_c$  = Velocidad del cangilón, (revoluciones/h)

$H_c$  = Altura del elevador entre ejes (m)

**El Volumen del material a transportar por vueltas ( $V_s$ ):**

$$V_s = \frac{C}{N ds} \quad (3.64)$$

$V_s$  = Volumen del material a transportar ( $m^3$ /vuelta)

$ds$  = Densidad aparente del material ( $kg/m^3$ )

$C$  = Capacidad de transporte del material ( $kg/m^3$ )

**Profundidad de los cangilones  $P_c$ :**

$$P_c = \frac{S}{(a_o b_o H_c) - V_s} \quad (3.65)$$

$P_c$  = Profundidad del cangilón (m)

$a_o$  = ancho del cangilón (m)

$b_o$  = Proyección del cangilón (m)

Distancia entre cangilones (S) donde  $[2h_c, 3h_c]$  donde  $h_c$  es la altura del cangilón

**Calculo del Número de Cangilones requeridos ( $N_{ca}$ ):**

$$N_{ca} = \frac{2H_c}{P_c + S} \quad (3.66)$$

$N_{ca}$  = Número de cangilones

### 3.4.4.1. POTENCIA DEL ELEVADOR DE CANGILONES

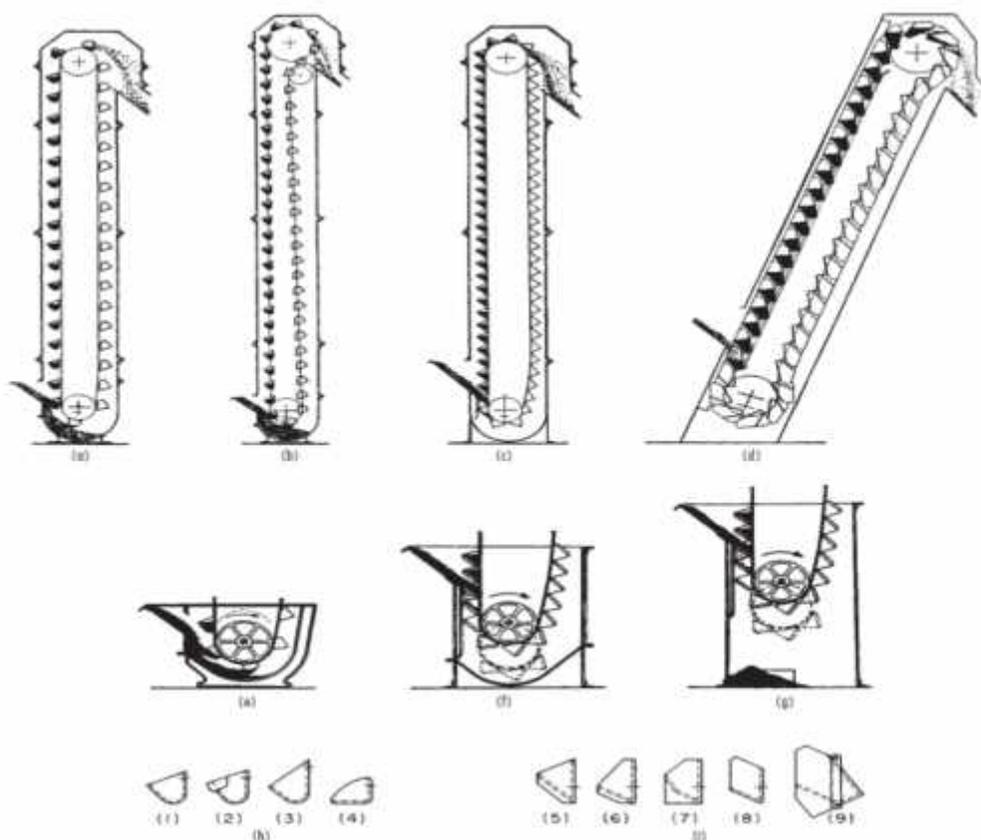
La Potencia del elevador de un transportador de cangilones, se calcula mediante:

$$CV = \frac{Ton}{h} \cdot 2 \cdot \frac{Hc}{270} \quad (3.67)$$

Ton/h = Toneladas por hora de material transportado

**Figura 3.16**

### ELEVADOR DE CANJILONES



**Fuente:** Manual del Ingeniero Químico Séptima Edición Pag 21-16 (a) Cangilones espaciados de descarga centrifuga (b) Cangilones espaciados de descarga positiva (c) Cangilones continuos (d) Cangilones continuos de capacidad superior (e) los cangilones espaciados reciben parte de la carga directamente parte mediante el arrastre por el fondo (f) continuo: los cangilones se llenan al pasar por el brazo cargador, con la canaleta de alimentación sobre la rueda posterior (g) continuo: cangilones en caja de carga sin fondo, con registro para la limpieza (h) cangilones espaciados de hierro maleable para descarga centrifuga (i) cangilones de acero para elevadores de cangilones continuos, (1) Cangilón Estándar, (2) Cangilón Estándar con labio reforzado (3) y (4) Cangilón de diseño frente bajo para materiales húmedos filamentos pegajosos, (5) Cangilón estándar para los materiales normales, (6) Cangilón de frente bajo para materiales difíciles, (7) Cangilón de capacidad adicional o terrones grandes, (8) cangilones para elevadores inclinados del tipo triturador, (9) Cangilón para capacidades extremadamente altas montan lateralmente y se sujetan uno a otros mediante bisagra.

### 3.4.5. SEPARACIÓN

En la etapa de separación se realiza dos procesos.

**1er proceso.**-Colector de Filtros de Tela

**2do proceso.**- separación de las limas de hierro que se pudieron generar en los anteriores procesos.

#### 3.4.5.1. COLECTOR DE FILTROS DE TELA

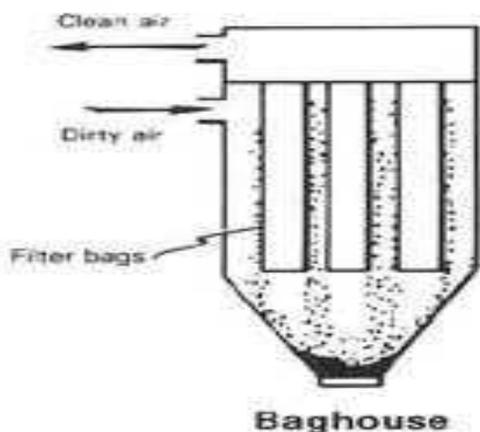
Comúnmente conocidos como bolsas, los colectores de tela usan filtración para separar partículas de polvo de gases polvorientos. Se trata de uno de los tipos más eficientes y rentables de los colectores de polvo disponibles y pueden lograr una eficiencia de recolección de más de 99% para partículas muy finas.

Los gases cargados de polvo entran en la casa de bolsas y pasan a través de bolsas de tela que actúan como filtros. Las bolsas pueden ser de algodón tejido o fieltro, material sintético o de fibra de vidrio en forma de tubo o de envoltura.

Para asegurar que las bolsas de filtro tengan una larga vida de uso, normalmente se recubren con un potenciador de filtro (pre-capa). Sin una pre-capa de la bolsa de filtro permite partículas finas sangren a través del sistema de filtro de bolsa, sobre todo durante el arranque, ya que la bolsa sólo se puede hacer parte de la filtración dejando las partes más finas de la capa de polvo mejorador de filtro

**Figura 3.17**

#### COLECTOR DE FILTROS DE TELA

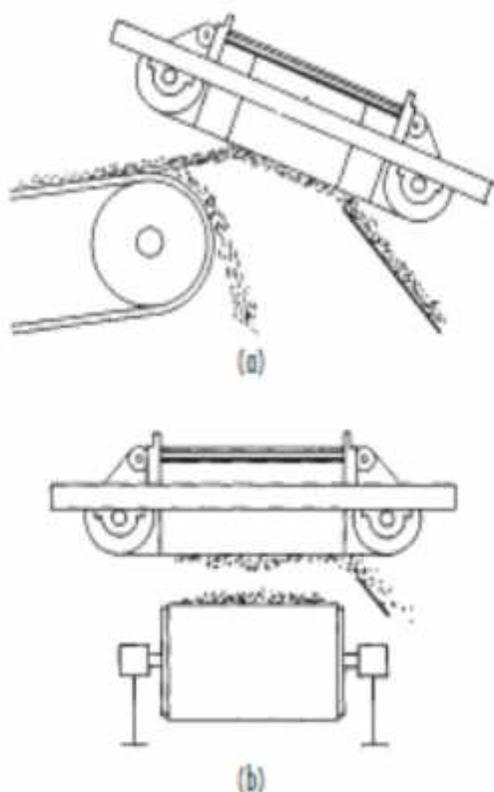


### 3.4.5.2. IMAN ELEVADOR

El imán opera en forma continua, los imanes continuos tienen una banda que se desplaza sobre los polos del imán elevador para transportar las partículas magnetizadas hacia una región donde el campo magnético es bajo, o bien tiene un valor igual a cero, donde se descargan, estas unidades pueden ser dispositivos de alta o baja intensidad.

**Figura 3.18**

#### TIPOS DE IMANES ELEVADORES



**(a)** Imán elevador en línea **(b)** en cinta transversal

**Fuente:** Manual del Ingeniero Químico Séptima Edición Pag 19-52

### 3.4.5.3. ALMACENAJE Y CARGUIO

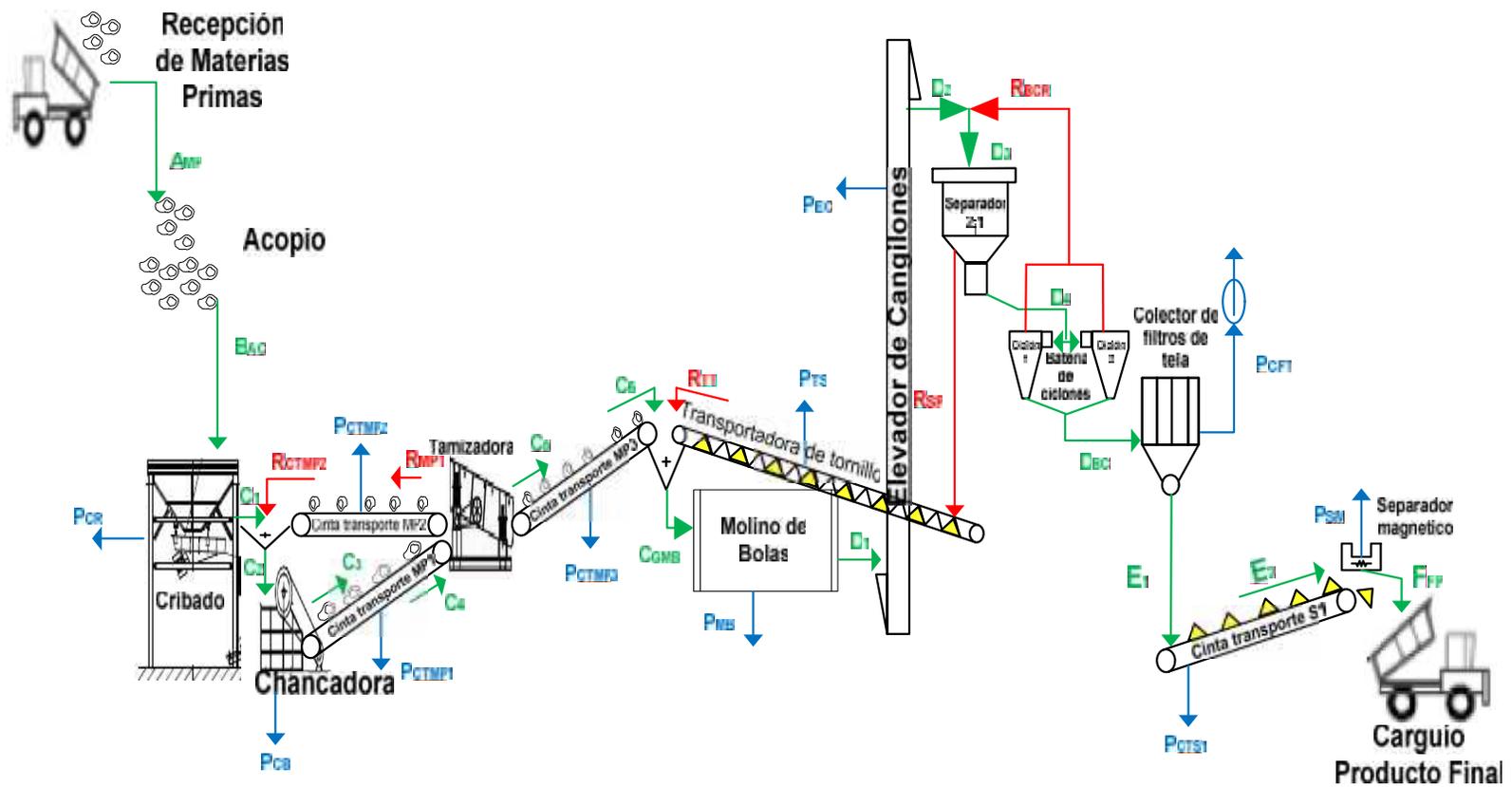
Etapa donde el producto final es almacenado en función de los lotes de producción o en caso es cargado a los camiones directamente para su entrega según los requerimientos al cliente Final

### 3.5. DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA

La planta de presenta el siguiente diagrama

Diagrama III-3

### DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA



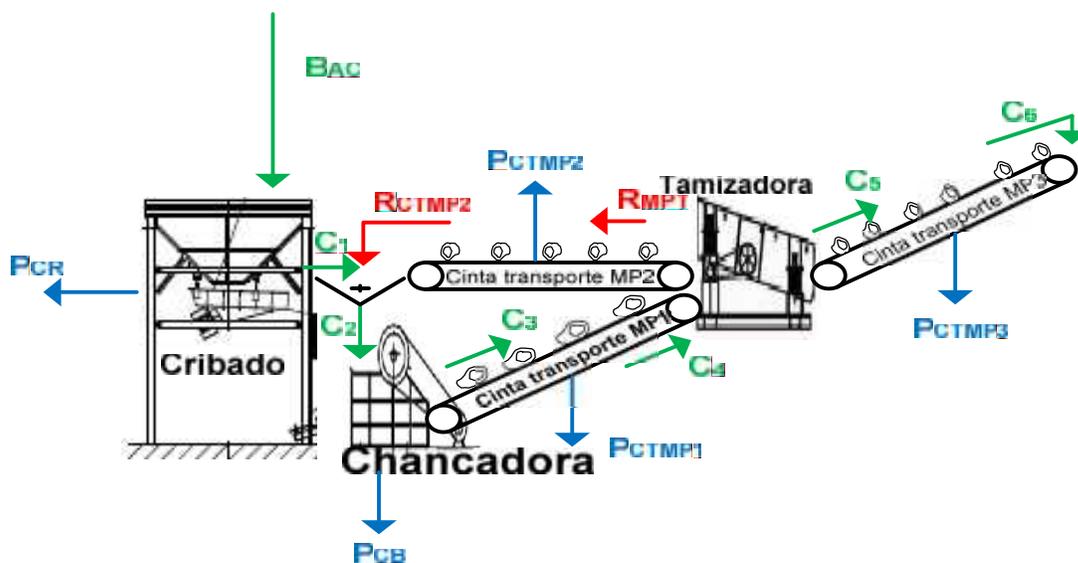
### 3.6. BALANCE DE MATERIA DE PROCESO

El balance de materia para el Tamaño de la planta: que procesara 18110,96 Toneladas de arena de Sílice para el Año2021

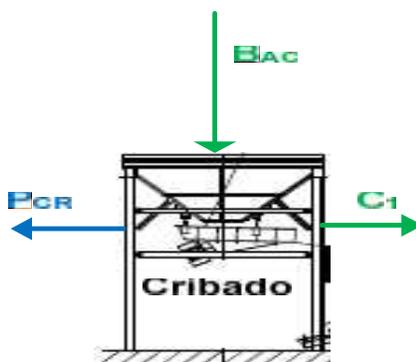
$$\text{Producción de la fabrica (F}_{TP}) = \frac{18110,96 \text{ Toneladas}}{275 \text{ días}} * \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} = 8,232 \text{ t/h}$$

#### 3.6.1. BALANCES EN LA MOLIENDA PRIMARIA

En la molienda primaria se realiza balances en el cribado, entrada a chancadora Blake, en la operación del tamizado y en las cintas de transporte del proceso



*Balance en el Cribado*



$$B_{AC} = C_1 + P_{CR}$$

(3.68)

$$P_{CR} = B_{AC} \cdot X_{CR} \tag{3.69}$$

Para un  $C_1 =$  Salida de cuarcita del Cribado (8,565 t/h )

Despejando ( $B_{AC}$ ) de ecuaciones (3.68) y (3.69)

$$B_{AC} = \frac{C_1}{1 - X_{CR}} \tag{3.70}$$

$P_{CR} =$  Perdidas de partículas en el cribado (0,0009t/h)

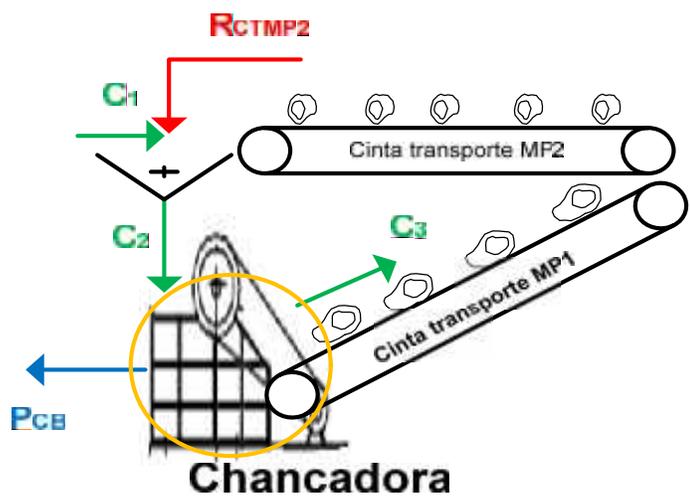
$X_{CR} =$  Fracción de perdidas en el Cribado (0,01 %)

$$B_{AC} = \frac{8,565}{(1 - 0,0001)} \text{ (t/h)}$$

$$B_{AC} = 8,566 \text{ t/h}$$

$B_{AC} =$  Cuarcita de alimentación al Cribado (8,566 t/h)

*Balance en la Chancadora*



$$C_2 = C_3 + P_{CB} \tag{3.71}$$

$$P_{CB} = C_2 \cdot X_{CB} \tag{3.72}$$

Para un  $C_3 =$  Salida de cuarcita de la Chancadora (10,678 t/h )

Despejando ( $C_2$ ) de ecuaciones (3.71) y (3.72)

$$C_2 = \frac{C_3}{(1 - X_{CB})} \tag{3.73}$$

$P_{CB} =$  Perdidas de partículas en la chancadora (0,0214t/h)

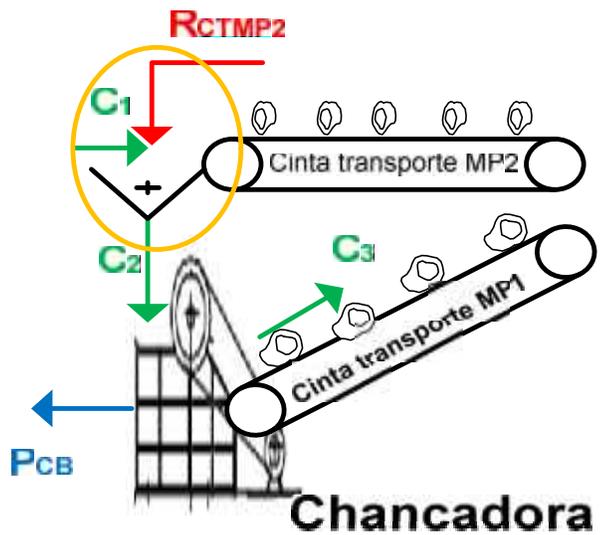
$X_{CB} =$  Fracción de Perdidas en la chancadora (0.2 %)

$$C_2 = \frac{10,678}{(1 - 0,0020)} \text{ (t/h)}$$

$$C_2 = 10,699 \text{ t/h}$$

$C_2 =$  Cuarcita de ingreso al Chancado (10,699 t/h)

*Balance punto de Alimentación de la Chancadora*



$$C_1 = C_2 - R_{CTMP2} \tag{3.74}$$

$C_2 =$  Cuarcita de Alimentación ala Chancadora (10,699 t/h)

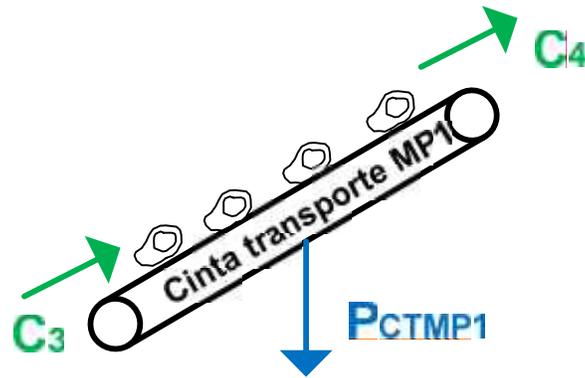
$R_{CTMP2}$ = Salida Cuarcita reciclada cinta transportadora MP2 (2.134 t/h)

$$C_1 = (10,699 - 2,134) \text{ t/h}$$

$$C_1 = 8,565 \text{ t/h}$$

$C_1$  = Salida de cuarcita del Cribado (8,566 t/h)

**Balance en la Cinta de Transporte MP1**



$$C_3 = C_4 + P_{CTMP1} \tag{3.75}$$

$$P_{CTMP1} = C_3 * X_{CTMP1} \tag{3.76}$$

Para un  $C_4$  = Salida de Cuarcita cinta transportadora MP1 (10,673 t/h)

Despejando ( $C_4$ ) de ecuaciones (3.78) y (3.79)

$$C_3 = \frac{C_4}{(1 - X_{CTMP1})} \tag{3.77}$$

$P_{CTMP1}$  = Perdidas de partículas cinta transportadora MP1 ( 0,0053 t/h)

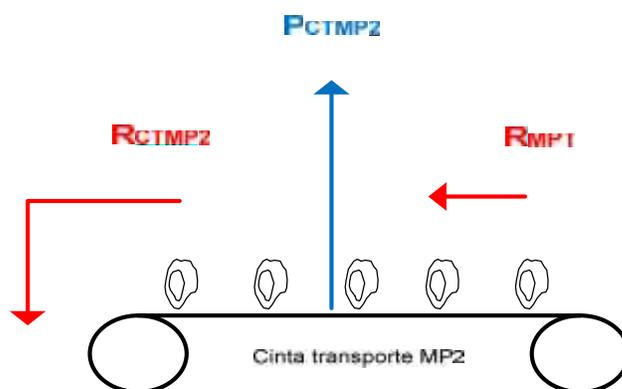
$X_{CTMP1}$  = Fracción de Perdidas cinta transportadora MP1 (0,05 %)

$$C_3 = \frac{10,673}{(1 - 0,0005)} \text{ (t/h)}$$

$$C_3 = 10,678 \text{ t/h}$$

$C_3$  = Cuarcita proveniente de la chancadora (10,678 t/h)

### Balance en la Cinta de Transporte MP2



$$R_{CTMP2} = R_{MPT} - P_{CTMP2} \quad (3.78)$$

$$P_{CTMP2} = R_{CTMP2} \cdot X_{CTMP2} \quad (3.79)$$

Para un  $R_{MPT}$  = Cuarcita reciclada tamizadora (paso del 20%) (2,135 t/h)

Despejando ( $R_{CTMP2}$ ) de ecuaciones (3.75) y (3.76)

$$R_{CTMP2} = \frac{R_{MPT}}{1 + X_{CTMP2}} \quad (3.80)$$

$P_{CTMP2}$  = Pérdidas de partículas en la cinta transportadora (0,0011t/h)

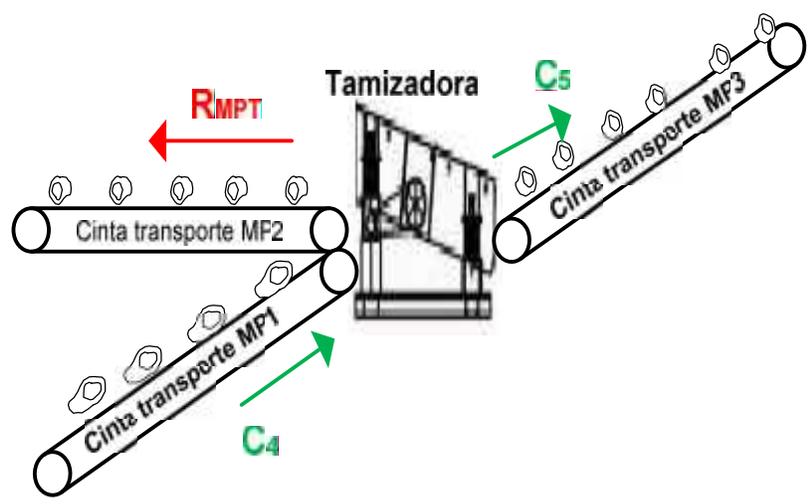
$X_{CB}$  = Fracción de pérdidas en el chancado (0,05 %)

$$R_{CTMP2} = \frac{2,135}{(1 + 0,0005)} \text{ (t/h)}$$

$$R_{CTMP2} = 2,134 \text{ t/h}$$

$R_{CTMP2}$  = Salida Cuarcita reciclada cinta transportadora MP<sub>2</sub> (2,134 t/h)

**Balace en la Tamizadora**



$$C_4 = C_5 * (\% \text{ de eficiencia del chancado } ) \tag{3.81}$$

$$C_4 = C_5 + R_{MPT} \tag{3.82}$$

Para un **% de eficiencia del chancado** = 80 % y un  $C_5 = 8,538 \text{ t/h}$  y

Encontrando ( $C_4$ ) de ecuación (3.81)

$$C_4 = 8,538 \left( \frac{100}{80} \right)$$

$$C_4 = 10,673 \text{ t/h}$$

$C_4$  = Salida de Cuarcita cinta transportadora MP1 (10,673 t/h)

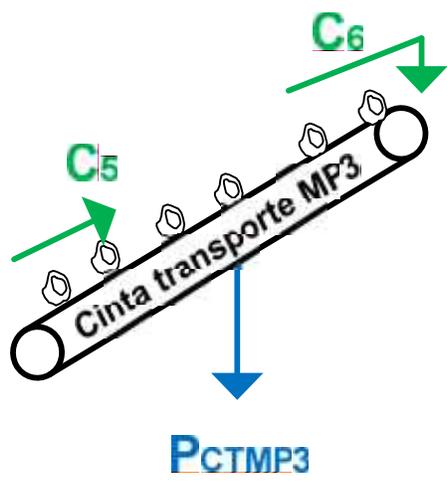
Encontrando ( $R_{MPT}$ ) de ecuación (3.82)

$$R_{MPT} = 10,673 - 8,538 \text{ t/h}$$

$$R_{MPT} = 2,135 \text{ t/h}$$

$R_{MPT}$  = Cuarcita reciclada tamizadora (paso del 20%) (2,135 t/h)

**Balance en la Cinta de Transporte MP3**



$$C_5 = C_6 + P_{CTMP3} \tag{3.83}$$

$$P_{CTMP3} = C_5 * X_{CTMP3} \tag{3.84}$$

Para un C<sub>6</sub> = Salida de cuarcita cinta transportadora MP3 (8,534 t/h)

Despejando (C<sub>5</sub>) de ecuaciones (3.83) y (3.84)

$$C_5 = \frac{C_6}{(1 - X_{CTMP3})} \tag{3.85}$$

P<sub>CTMP3</sub> = Perdidas de partículas cinta transportadora MP3 (0,0043 t/h)

X<sub>CTMP3</sub> = Fracción de Perdidas cinta transportadora MP3 (0.05 %)

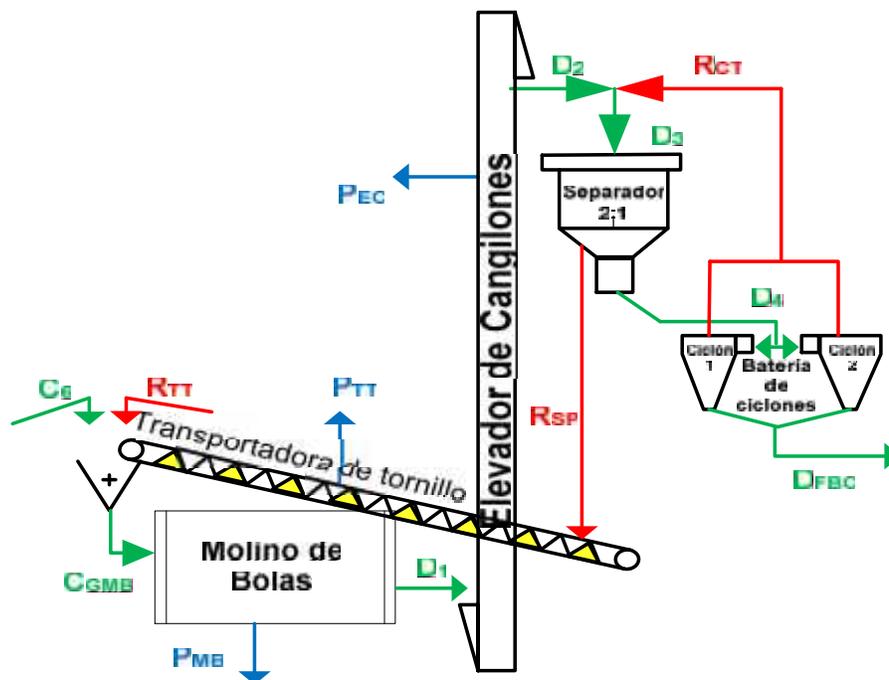
$$C_5 = \frac{8,534}{(1 - 0,0005)} \text{ (t/h)}$$

$$C_5 = 8,538 \text{ t/h}$$

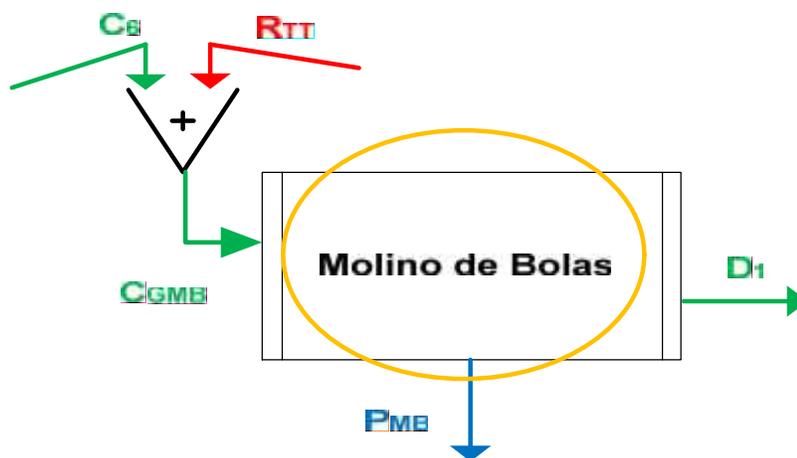
C<sub>5</sub> = Salida de Cuarcita tamizadora (paso del 80%) (8,538 t/h)

### 3.6.2 BALANCES EN LA MOLIENDA SECUNDARIA.

En la molienda secundaria se tiene tres puntos de balance el primero en el sistema del molino de bolas, el segundo en el separador de polvos y el tercero en el ciclón.



*Balance en el Molino de Bolas*



$$C_{GMB} = D_1 + P_{MB}$$

(3.86)

$$P_{MB} = C_{GMB} * X_{MB} \tag{3.87}$$

Para un  $D_1$  = Salida de arena de sílice molino de bolas (25,466 t/h)

Despejando ( $C_{GMB}$ ) de ecuaciones (3.86) y (3.87)

$$C_{GMB} = \frac{D_1}{(1 - X_{MB})} \tag{3.88}$$

$P_{MB}$  = pérdidas de partículas Molino de bolas (0,2572 t/h)

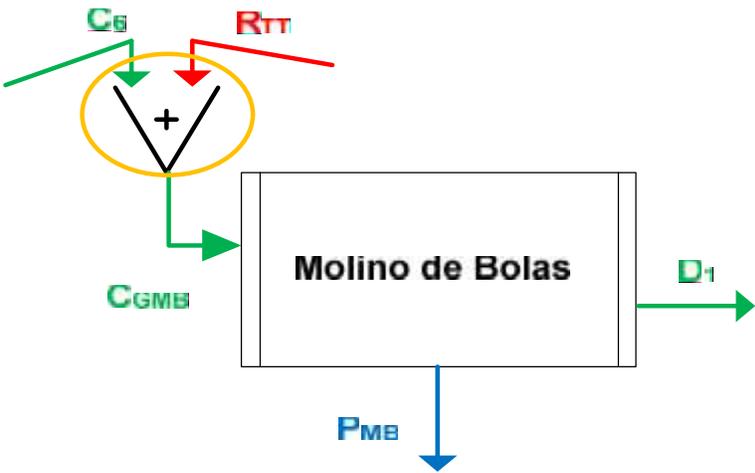
$X_{MB}$  = Fracción de pérdidas de Molino de bolas (1 %)

$$C_{GMB} = \frac{25,466}{(1 - 0,01)} \text{ (t/h)}$$

$$C_{GMB} = 25,723 \text{ t/h}$$

$C_{GMB}$  = Gruesos de alimentación Molino de bolas (25,723 t/h)

*Balance de Alimentación Molino de Bolas*



$$C_6 = C_{GMB} - R_{TT} \tag{3.89}$$

$C_{GMB}$  = Gruesos de alimentación Molino de bolas (25,723 t/h)

**R<sub>TT</sub>** = Salida de gruesos de transportadora de tornillo (17,189 t/h)

$$C_6 = 25,723 - 17,189 \text{ (t/h)}$$

$$C_6 = 8,534 \text{ (t/h)}$$

C<sub>6</sub> = Salida de Cuarcita cinta transportadora MP3 (8,534 t/h)

***Balance en el Elevador de Cangilones***



$$D_1 = P_{EC} + D_2 \tag{3.90}$$

$$P_{EC} = D_1 * X_{EC} \tag{3.91}$$

Para un **D<sub>2</sub>** = Salida arena de sílice Elevador de cangilones (25,453 t/h)

Despejando (**D<sub>1</sub>**) de ecuaciones(3.90) y (3.91)

$$D_1 = \frac{D_2}{1 - X_{EC}} \tag{3.92}$$

**P<sub>EC</sub>** = perdidas de partículas elevador de cangilones (0,0127 t/h)

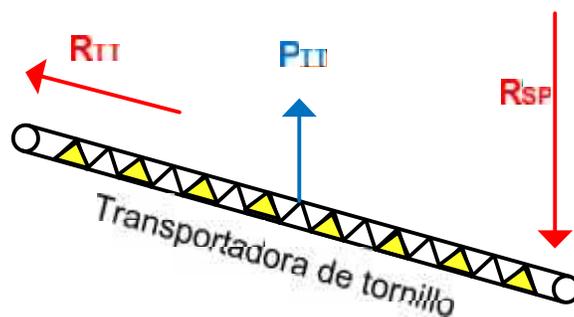
$X_{EC}$  = Fracción de pérdidas del elevador de cangilones S1 (0,05%)

$$D_1 = \frac{25,453}{(1-0,0005)} \text{ (t/h)}$$

$$D_1 = 25,466 \text{ t/h}$$

$D_1$  = arena de sílice del molino de bolas (25.466 t/h)

### *Balance en la Transportadora de Tornillo*



$$R_{TT} = R_{SP} - P_{TT} \quad (3.93)$$

$$P_{TT} = R_{TT} * X_{TT} \quad (3.94)$$

Para la  $R_{SP}$  = Salida de gruesos del separador de partículas (17.198t/h)

Despejando ( $R_{TT}$ ) de ecuaciones (3.93) y (3.94)

$$R_{TT} = \frac{R_{SP}}{(1 - X_{TT})} \quad (3.95)$$

$P_{TT}$  = perdidas de partículas transportadora de tornillo (0,0086 t/h)

$X_{TT}$  = Fracción de pérdidas transportadora de tornillo (0,05%)

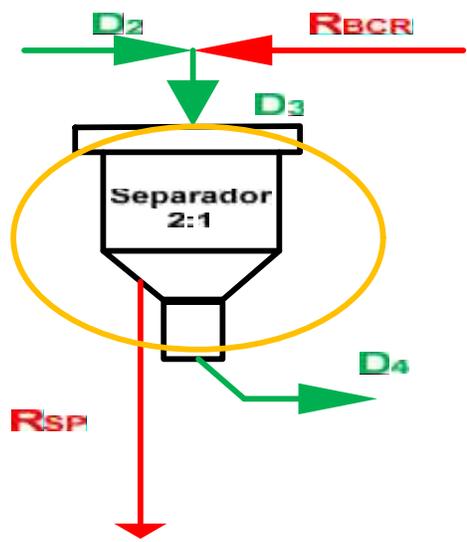
$$R_{TT} = 17,198 (1 - 0,0005) \text{ (t/h)}$$

$$R_{TT} = 17,189 \text{ t/h}$$

$R_{TT}$  =Salida de gruesos de transportadora de tornillo (17,189 t/h)

**Balance en el Separador de Particulas**

Los constructores de separadores sugieren que la proporción de finos en el material de alimentación ( $A_{sep}$ ) debe ser, aproximadamente el 70% y caudal de Circulación ( $L_{sep}$ )del 200% Bibliografía DUDA (Pág. 144)se usa las ecuaciones circuito cerrado de sistema N°1 Bibliografía DUDA (Pág. 150)



$$R_{SP} = L_{sp} * D_4 \tag{3.96}$$

$$D_3 = (L_{SP} + 1) * D_4 \tag{3.97}$$

Reemplazando valor de Caudal de circulación ( $L_{SP} = 2$ ) en ecuaciones (3.96) y (3.97)

Para un  $D_4$  = salida de finos del separador de partículas (8,599t/h)

$$L_{SP} = 2 \quad 8,599 \text{ (t/h)}$$

$$R_{SP} = 17,198 \text{ t/h}$$

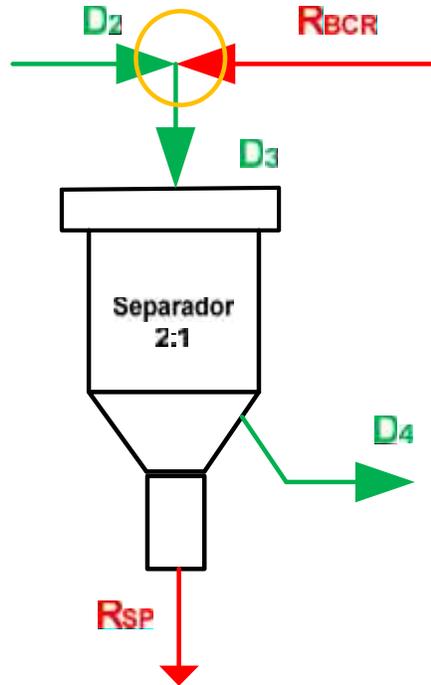
$$D_3 = (2 + 1) \quad 8,599 \text{ (t/h)}$$

$$D_3 = 25,797 \text{ (t/h)}$$

$D_3$  = Material de alimentación al separador(25,797t/h)

*Balance de Alimentación al Separador de Partículas*

(3.98)



$$D_2 = D_3 - R_{BCR}$$

Para un  $R_{BCR}$  = Salida arena de sílice de recirculación (0,3439 t/h)

$D_3$  = Arena de Sílice de alimentación al separador(25,797 t/h)

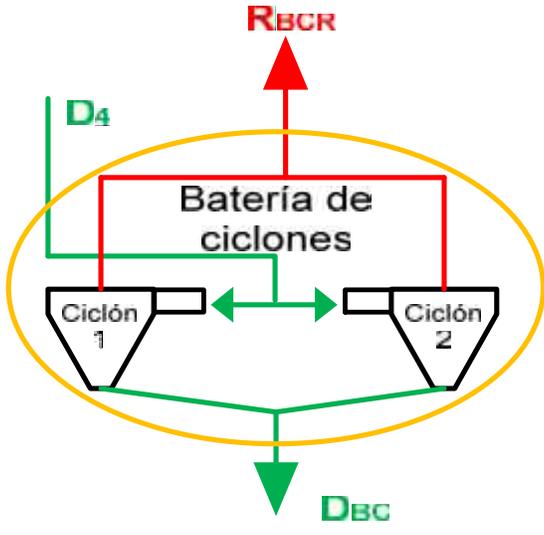
$$D_2 = 25,797 - 0,3439 \text{ (t/h)}$$

$$D_2 = 25,453 \text{ (t/h)}$$

$D_2$  = Salida de arena de sílice Elevador de cangilones (25,453 t/h)

**Balance en la Batería de Ciclones**

Consideraciones a tomar en cuenta que los Ciclones son del mismo fabricante y con la misma eficiencia



$$D_4 = R_{BCR} + D_{BC} \tag{3.99}$$

$$R_{BCR} = D_4 * X_{BC} \tag{3.100}$$

Para un  $D_{BC}$  = Salida de arena de sílice de la Batería de Ciclones (8,255 t/h)

Despejando ( $D_4$ ) de ecuaciones (3.99) y (3.100)

$$D_4 = \frac{D_{BC}}{(1 - X_{BC})} \tag{3.101}$$

$R_{BCR}$  = Salida arena de sílice de recirculación (0,3439 t/h)

$X_{BC}$  = Fracción de eficiencia batería de Ciclones (4%)

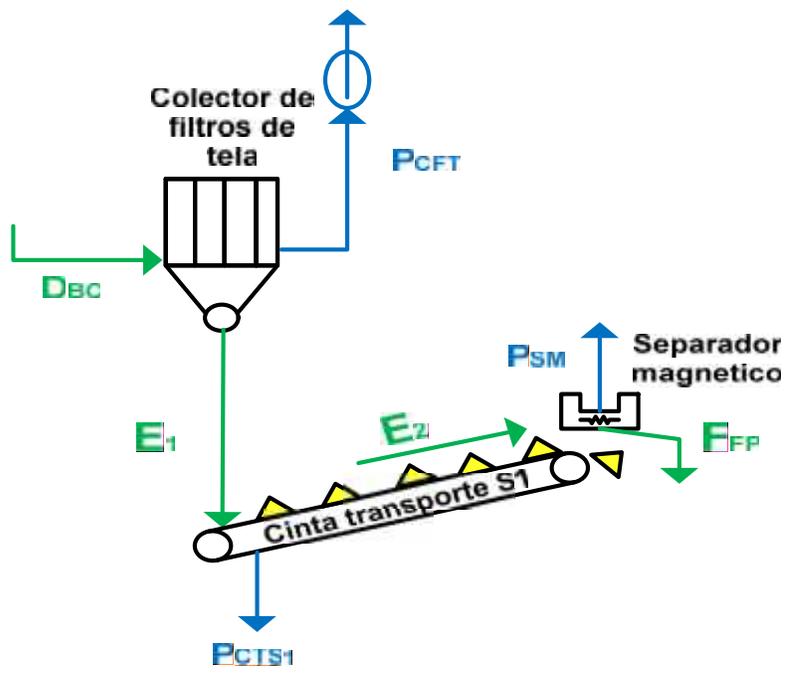
$$D_4 = \frac{8,255}{(1 - 0,04)} \text{ (t/h)}$$

$$D_4 = 8,599 \text{ t/h}$$

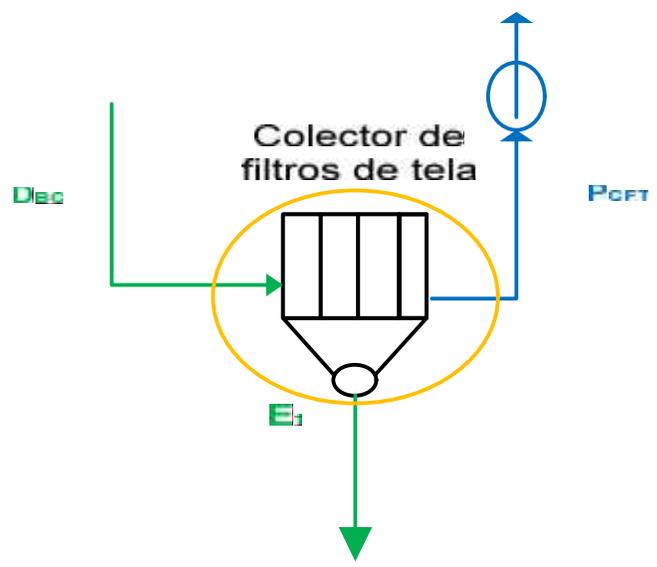
$D_4$  = Finos de arena de sílice separador de partículas (8,599 t/h)

### 3.6.3 BALANCES EN LA SEPARACIÓN

En esta etapa de separación se realizan los balances en el colector de Filtros de Tela, cinta de transporte S1 y el separador magnético.



*Balance en el Colector de Filtros*



$$D_{BC} = P_{CFT} + E_1 \tag{3.102}$$

$$P_{CFT} = D_{BC} * X_{CFT} \tag{3.103}$$

Para un  $E_1$  = Salida de arena de sílice Colector de Filtros de Tela (8,248 t/h)

Despejando ( $D_{BC}$ ) de ecuaciones (3.102) y (3.103)

$$D_{BC} = \frac{E_1}{(1 - X_{CFT})} \tag{3.104}$$

$P_{CFT}$  = Pérdidas de partículas colector de filtro de tela (0,0066 t/h)

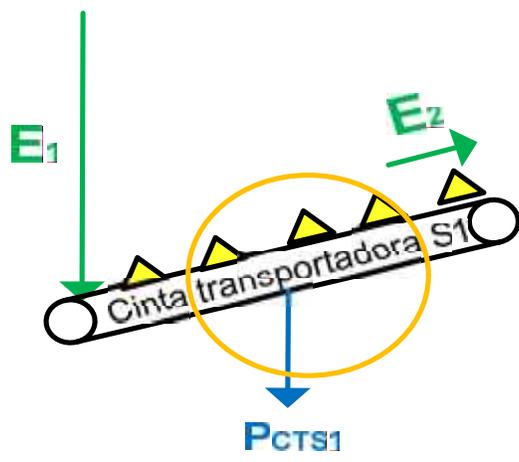
$X_{CFT}$  = Fracción de pérdidas de colector de filtro de tela (0,08%)

$$D_{BC} = \frac{8,248}{(1 - 0,0008)} \text{ (t/h)}$$

$$D_{BC} = 8,255 \text{ t/h}$$

$D_{BC}$  = arena de sílice de la Batería de Ciclones (8,255 t/h)

*Balance en la Cinta Transportadora S1*



$$E_1 = P_{CTS1} + E_2 \tag{3.105}$$

$$P_{CTS1} = E_1 * X_{CTS1} \tag{3.106}$$

Para un  $E_2$  = Salida de arena de sílice en cinta transportadora S1 (8,244 t/h)

Despejando ( $E_1$ ) de ecuaciones (3.105) y (3.106)

$$E_1 = \frac{E_2}{(1 - X_{CTS1})} \tag{3.107}$$

$P_{CTS1}$  = Pérdidas de partículas cinta transportadora S1 (0,0041 t/h)

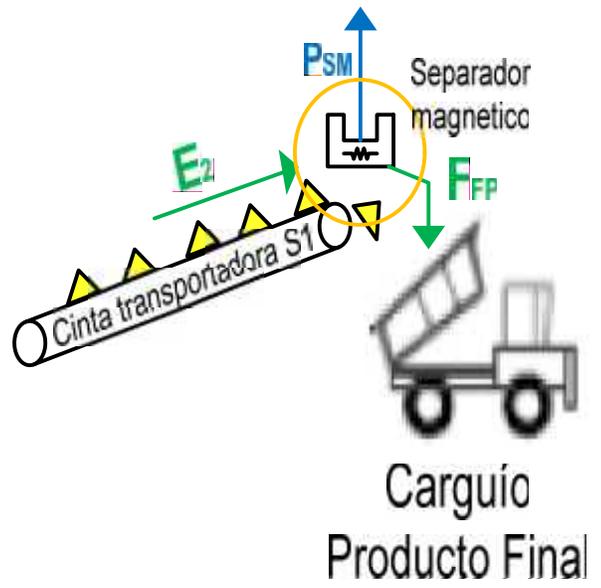
$X_{CTS1}$  = Fracción de pérdidas de cinta transportadora S1 (0,05%)

$$E_1 = \frac{8,244}{(1 - 0,0005)} \text{ (t/h)}$$

$$E_1 = 8,248 \text{ t/h}$$

$E_1$  = Salida de arena de sílice Colector de Filtros de Tela (8,248t/h)

*Balance en el Separador Magnético*



$$E_2 = P_{SM} + F_{FP} \tag{3.108}$$

$$P_{SM} = E_2 * X_{SM} \tag{3.109}$$

$F_{FP}$  = Producto final arena de Sílice (8,232 t/h)

Despejando ( $E_2$ ) de ecuaciones (3.108) y (3.109)

$$E_2 = \frac{F_{FP}}{(1 - X_{SM})} \quad (3.110)$$

$P_{SM}$  = Pérdidas de partículas separador magnético (0,0119t/h)

$X_{SM}$  = Fracción de pérdidas separador magnético (0,145%)

$$E_2 = \frac{8,232}{(1 - 0,00145)} \text{ (t/h)}$$

$$E_2 = 8,244 \text{ t/h}$$

$E_2$  = Salida de arena de sílice en cinta transportadora S1 (8,244 t/h)

Tabla III-6A

## RESUMEN DE VALORES DE BALANCE DE MATERIA

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
<b>I.- ETAPA MOLIENDA PRIMARIA</b>		
<b>CRIBADO</b>		
Cuarcita de Alimentación al Cribado, $B_{AC}$	8,566	t/h
Salida de cuarcita del Cribado, $C_1$	8,565	t/h
Perdidas de partículas en el Cribado, $P_{CR}$	0,0009	t/h
Fracción de Perdidas en el Cribado, $X_{CR}$	0,01	%
<b>CHANCADORA</b>		
Cuarcita de Alimentación a la Chancadora, $U_2$	10,699	t/h
Perdidas de partículas en la Chancadora, $P_{CB}$	0,0214	t/h
Salida de cuarcita de la Chancadora, $C_3$	10,678	t/h
Fracción de Perdidas en la chancadora, $X_{CB}$	0,20	%
<b>CINTA DE TRANSPORTE MP1</b>		
Salida de cuarcita de la Chancadora, $C_3$	10,678	t/h
Perdidas de partículas cinta transportadora MP1, $P_{CTMP1}$	0,0053	t/h
Salida de Cuarcita cinta transportadora MP1, $C_4$	10,673	t/h
Fracción de Perdidas cinta transportadora MP1, $X_{CTMP1}$	0,05	%
<b>TAMIZADORA</b>		
Salida de Cuarcita cinta transportadora MP1, $C_4$	10,673	t/h
Salida de Cuarcita tamizadora (paso del 80%), $C_5$	8,538	t/h
Cuarcita reciclada tamizadora (paso del 20%), $R_{MPT}$	2,135	t/h

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2016

Tabla III-6B

## RESUMEN DE VALORES DE BALANCE DE MATERIA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
<b>I.- ETAPA MOLIENDA PRIMARIA</b>		
<b>CINTA DE TRANSPORTE MP2</b>		
Cuarcita reciclada tamizadora (paso del 20%), $R_{MPT}$	2,135	t/h
Perdidas de partículas cinta transportadora MP2, $P_{CTMP2}$	0,0011	t/h
Salida Cuarcita reciclada cinta transportadora MP2, $R_{CTMP2}$	2,134	t/h
Fracción de Perdidas cinta transportadora MP2, $X_{CTMP2}$	0,05	%
<b>CINTA DE TRANSPORTE MP3</b>		
Salida de cuarcita tamizadora (paso del 80%), $C_5$	8,538	t/h
Perdidas de partículas cinta transportadora MP3, $P_{CTMP3}$	0,0043	t/h
Salida de Cuarcita cinta transportadora MP3, $C_6$	8,534	t/h
Fracción de Perdidas cinta transportadora MP3, $X_{CTMP3}$	0,05	%
<b>II.- ETAPA MOLIENDA SECUNDARIA</b>		
<b>MOLINO DE BOLAS</b>		
Gruesos de alimentación Molino de bolas, $U_{GMB}$	25,723	t/h
Perdidas de partículas Molino de bolas, $P_{MB}$	0,2572	t/h
Salida de arena de sílice molino de bolas, $D_1$	25,466	t/h
Fracción de Perdidas Molino de bolas, $X_{MB}$	1,00	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2016

Tabla III-6C

## RESUMEN DE VALORES DE BALANCE DE MATERIA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
<b>II.- ETAPA MOLIENDA SECUNDARIA</b>		
<b>ELEVADOR DE CANGILONES</b>		
Salida de arena de sílice molino de bolas, $D_1$	25,466	t/h
Perdidas de partículas en el elevador de cangilones, $P_{EC}$	0,0127	t/h
Salida de arena de sílice Elevador de cangilones, $D_2$	25,453	t/h
Fracción de Perdidas del elevador de cangilones $S_1$ , $X_{EC}$	0,05	%
<b>TRANSPORTADORA DE TORNILLO</b>		
Salida de gruesos del separador de Partículas, $R_{SP}$	17,198	t/h
Perdidas de partículas transportadora de tornillo, $P_{TT}$	0,0086	t/h
Salida de gruesos de transportadora de tornillo, $R_{TT}$	17,189	t/h
Fracción de Perdidas transportadora de tornillo, $X_{TT}$	0,05	%
<b>SEPARADOR DE PARTICULAS</b>		
Arena de Sílice de alimentación al separador, $D_3$	25,797	t/h
Salida de Finos del separador de partículas, $D_4$	8,599	t/h
Salida de gruesos del separador de Partículas, $R_{SP}$	17,198	t/h
<b>BATERIA DE CICLONES</b>		
Salida de Finos del separador de partículas, $D_4$	8,599	t/h
Salida arena de sílice de recirculación, $R_{BCR}$	0,3439	t/h
Salida de arena de sílice de la Batería de Ciclones, $D_{BC}$	8,255	t/h
Fracción de eficiencia batería de Ciclones, $X_{BC}$	4,00	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2016

Tabla III-6D

## RESUMEN DE VALORES DE BALANCE DE MATERIA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
<b>III.- ETAPA DE SEPARACION</b>		
<b>COLECTOR DE FILTROS DE TELA</b>		
Salida de arena de sílice de la Batería de Ciclones, <b>DBC</b>	8,255	t/h
Perdidas de partículas colector de filtro de tela, <b>P<sub>CFT</sub></b>	0,0066	t/h
Salida de arena de sílice Colector de Filtros de Tela, <b>E<sub>1</sub></b>	8,248	t/h
Fracción de pérdidas de colector de filtro de tela, <b>X<sub>CFT</sub></b>	0,08	%
<b>CINTA DE TRANSPORTE S1</b>		
Salida de arena de sílice Colector de Filtros de Tela, <b>E<sub>1</sub></b>	8,248	t/h
Perdidas de partículas cinta transportadora S1, <b>P<sub>CTS1</sub></b>	0,0041	t/h
Salida de arena de sílice en cinta transportadora S1, <b>E<sub>2</sub></b>	8,244	t/h
Fracción de Perdidas cinta transportadora S1, <b>X<sub>CTS1</sub></b>	0,05	%
<b>SEPARADOR MAGNETICO</b>		
Salida de arena de sílice en cinta transportadora S1, <b>E<sub>2</sub></b>	8,244	t/h
Perdidas de partículas separador magnético, <b>P<sub>SM</sub></b>	0,0119	t/h
Producto final arena de Sílice, <b>F<sub>FP</sub></b>	8,232	t/h
Fracción de Perdidas separador magnético, <b>X<sub>SM</sub></b>	0,145	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2016

### 3.7. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

#### 3.7.1 DISEÑO DE LA CHANCADORA

Para un requerimiento mínimo de producción de 10,678 t/h y granulometría de 1plg se realiza los siguientes cálculos.

##### *Numero de vueltas de la Chancadora ( $n_c$ )*

Para el cálculo se emplea la **ecuación. (3.4)**

Dónde:

$s_c$  = Longitud del camino de la mandíbula móvil (2,54 cm)

$\alpha$  = Angulo de Chancadora 20° recomendado Fuente Manual Tecnológico del Cemento DUDA Pág. 32

$$n_c = 600 \sqrt{\frac{\text{tang } \alpha}{s_c}} \quad (3.4)$$

$$n_c = 600 \sqrt{\frac{\text{tang } 20}{2,54}}$$

$$n_c = 227,126 \text{ RPM}$$

##### *Capacidad de Producción de la Chancadora ( $Q_c$ )*

Para el cálculo se emplea la **ecuación.(3.5)** de Taggart donde encontramos:

$b_c$  = Ancho de la mandíbula, móvil (60,96 cm)

$d_c$  = Tamaño medio de material triturado, en (2,54cm)

$$Q_c = 0,093 \quad b_c * d_c \quad (3.5)$$

$$Q_c = 0,093 \quad 60,96 * 2,54$$

$$Q_c = 14,399 \text{ t/h}$$

### Calculando la Energía de Accionamiento de la Chancadora ( $N_c$ )

Para el cálculo se emplea la **ecuación. (3.6)**

#### Dónde:

$n_c$  = Número de vueltas por minuto de la chancadora (227,126 vueltas/min)

$b_{ca}$  = Ancho de la mandíbula móvil (0,6096 m)

$d_{cc}$  = tamaño medio del material triturado (0,00254 m)

$D_c$  = Tamaño medio del material de alimentación, en (0,300 m)

$$N_c = \frac{n_c b_{ca} (D_c^2 - d_{cc}^2)}{0,34} \quad (3.6)$$

$$N_c = \frac{227,126 \cdot 0,6096 \cdot (0,300^2 - 0,0254^2)}{0,34}$$

$$N_c = \frac{227,126 \cdot 0,6096 \cdot (0,300^2 - 0,0254^2)}{0,34}$$

$$N_c = \frac{227,126 \cdot 0,6096 \cdot (0,089)}{0,34}$$

$$N_c = 36,387 \text{ CV}$$

$$N_c = 35,886 \text{ HP o } 26,760 \text{ Kw}$$

Se indica como mejor alternativa a cotizar una chancadora de 10"x24", con un paso de roca de tamaño de 1", entregando un caudal entre 8 a 14t/h con la opción de generar material chancado entre 6 a 9 t/h hasta un paso de tamaño de ¾". Esta requiere para la energía de accionamiento de 35,886 HP. Ver Anexo (II)

### 3.7.2 DISEÑO DEL MOLINO DE BOLAS

#### Potencia exigida para el Molino de Bolas (W)

Para el cálculo de la Potencia del molino se usa la fórmula de la Ecuación de Bond (3.7), donde el valor del Índice de trabajo de molienda de Bond ( $W_i$ ) del material cuarcita es igual a 12.18 (PERRY Tabla 20.4)

$$W = \frac{10 W_i}{P} - \frac{10 W_i}{\sqrt{F}} \quad (3.7)$$

$$W = \frac{10 (12,180)}{\sqrt{74}} - \frac{10 (12,180)}{25400}$$

$$W = 14,159 - 0,764$$

$$W = 13,395 \text{ Kw/t}$$

$$W = 13,395 \text{ Kw/t} * 8,232 \text{ t/h}$$

$$W = 110,268 \text{ Kwh} * 1,341 \text{ HP/Kwh}$$

$$W = 147,869 \text{ HP}$$

### **Diámetro del Molino de Bolas (D<sub>1</sub>)**

Mediante la expresión de DAWN (Ecuación 3.8) se encuentra el Diámetro del molino de bolas (D<sub>1</sub>) del diseño.

Para encontrar el D<sub>1</sub> se conoce los valores del Peso metro cubico de apilamiento de las bolas  $g_m = 4.55 \text{ t/m}^3$  (Fuente Manual Tecnológico del Cemento Pág. 74), el número de vueltas del molino  $n_m$  (Ecuación 3.16) que varía entre el 70 y 80%, y además de que el porcentaje de grado de llenado de bolas recomendado es = 28 – 45% (Fuente Manual Tecnológico del Cemento pág. 73 y recomendaciones de Tesis de Juan ramón Alcántara que recomienda un valor aceptable de 28 % por una mejor eficiencia de molienda.)

$$W = 0,284 D_1 * A * G * n_m \text{ (3.8)}$$

$$W = 0,284 D_1 * (1,073 - ) g_m * \psi * \frac{\pi D_1^2 L}{4} * \frac{(0,70 * 42,3)}{\sqrt{D_1}}$$

$$W = 0,284 D_1 * (1,073 - ) g_m * \psi * \frac{\pi D_1^2 * 3D_1}{4} * \frac{29,61}{\sqrt{D_1}}$$

$$W = 0,284 D_1 * (1,073 - 0,28) \frac{4,55 * 0,28 * 3,1416 * 3}{4} D_1^3 * \frac{29,61}{\sqrt{D_1}}$$

$$W = 0,284 D_1 * 2,380 D_1^3 * \frac{29,61}{D_1^{1/2}}$$

$$W = 20,014D_1^{3.5}$$

$$D_1 = \sqrt[3.5]{\frac{W}{20,014}}$$

$$D_1 = \sqrt[3.5]{\frac{110,268}{20,014}}$$

$$D_1 = 1,628 \text{ m}$$

### ***Largo del Molino de Bolas (L)***

Conociendo el diámetro del molino se obtiene el largo del molino de tres cámaras empleando la ecuación (3.9)

$$\frac{L}{D_1} = 4,5 \quad (3.9)$$

$$\frac{L}{1,628} = 4,5$$

$$L = 7,326 \text{ m}$$

### ***Velocidad de rotación crítica Molino de Bolas (n<sub>m</sub>)***

La velocidad de Rotación Crítica es calculada con la Ecuación 3.19

$$n_m = \frac{42.3}{\sqrt{D_1}} \quad (3.19)$$

$$n_m = \frac{(42.3)}{1,628}$$

$$n_m = 33,152 \text{ RPM}$$

La velocidad óptima del molino en RPM está comprendida entre el 45 a 80 % (Fuente Tesis Juan Ramón Alcántara pág. 62), para nuestro diseño usaremos el 48 % de velocidad de rotación.

$$n_{op} = 33,152 \times 0.48$$

$$n_{op} = 15,913 \text{ RPM}$$

**Peso específico del Montón (G)**

El peso específico del montón es calculado con la Ecuación 3.24

$$G = g_m * \psi * \frac{\pi D_1^2}{4} L \quad (3.24)$$

$$G = 4,55 \cdot 0,28 * \frac{\pi * 1,628^2}{4} * 7,326$$

$$G = 19,428 \text{ t}$$

**Caudal del Molino de Bolas (Q)**

Para el cálculo del Caudal del Molino usamos la expresión de TOMOTROW Ecuación (3.25) y las tablas de comparación Pág. 83 del MANUAL DEL CEMENTO DUDA

$$Q = q * \frac{a*b*c}{1000} * 6.7 \cdot V * \sqrt{D_1} * \sqrt{\frac{G}{V}} \quad (3.25)$$

Q = Caudal del molino, en toneladas por hora

q = Caudal específico del molino en kg de material de alimentación por kWh de consumo energético, con un 10% de residuo al Tamiz 4900 mallas/cm<sup>2</sup>; se acepta caudal 40kg/kWh

a = Coeficiente de molturabilidad; Tabla I-3

b = Factor de corrección para molienda fina; Tabla 6.6.3 Coeficiente de corrección para un % de residuo de Tamiz de 15 donde el factor de corrección es de 1,21

c = Factor de corrección por el tipo de molino; Tabla 6.6.4 para un circuito cerrado y un molino con separador de aire de 1,3-1,5

V = Volumen del recinto de molienda

D<sub>1</sub> = Diámetro interior del recinto de molienda en (m)

G = Peso de los cuerpos moledores

$$Q = 40 \cdot \frac{2,9 \cdot 1,04 \cdot 1,5}{1000} * 6,7 \cdot 15,250 \cdot \sqrt{1,628} \cdot \sqrt{\frac{19,428}{15,250}}$$

$$Q = 26,628 \text{ t/h}$$

***Volumen de llenado del Molino de Bolas (h<sub>b</sub>)***

Para el cálculo del Volumen de llenado de Bolas lo realizamos a partir de la Ecuación (3.26)

$$h_b = 0,16 D_1 \text{ (3.26)}$$

$$h_b = 0,16 * (1,628)$$

$$h_b = 0,260 \text{ m}$$

***Volumen del llenado de los Cuerpos Molturantes***

El cálculo del peso total de bolas es determinado a partir del volumen de llenado para cada cámara, y su distribución es recomendada por el Manual Tecnológico del Cemento Pág. 75.

La Longitud del molino es de 7,326 m de los que se resta los dos diafragmas separadores de cámaras (2\*0,30 = 0,60 m) quedando como longitud útil de molienda 6,726 m

Volumen de llenado para cada cámara recomendado Manual Tecnológico del Cemento Pág. 74

Para la cámara 1  $\psi = 30\%$

Para la cámara 2  $\psi = 27\%$

Para la cámara 3  $\psi = 24\%$

**I)** Para el volumen de la cámara 1

$$V_{c_1} = 0,30 \frac{\pi * 1,628^2 * (0,25)}{4} (6,726)$$

$$V_{c_1} = 1,050 \text{ m}^3$$

**II)** Para el volumen de la cámara 2

$$V_{c_2} = 0,27 \frac{\pi * 1,628^2 * (0,25)}{4} 6,726$$

$$V_{c_2} = 0,945 \text{ m}^3$$

**III)** Para el volumen de la cámara 3

$$V_{c_3} = 0,24 \frac{\pi * 1,628^2 * (0,50)}{4} 6,726$$

$$V_{c_3} = 1,680 \text{ m}^3$$

**Masa de las Bolas en las cámaras ( $M_{c_n}$ )**

$g_m$  = Densidad de las bolas 4.55 t/m<sup>3</sup> (Fuente Manual Tecnológico del Cemento Pág. 74)

$M_{c_n}$  = masa de las bolas en las cámaras en t

$$M_{c_n} = V_c * g_m \text{ (3.27)}$$

Para la cámara 1.-

$$M_{c_1} = 1,050 \cdot 4,55$$

$$M_{c_1} = 4,778 \text{ t}$$

Para la cámara 2.-

$$M_{c_2} = 0,945 \cdot 4,55$$

$$M_{c_2} = 4,300 \text{ t}$$

Para la cámara 3.-

$$M_{c_3} = 1,680 \cdot 4,55$$

$$M_{c_3} = 7,644 \text{ t}$$

**Distribución de las Bolas**

La distribución de las bolas se muestra en la Tabla III-7

**Tabla III-7****DISTRIBUCIÓN DE LAS BOLAS POR TAMAÑO**

Cámara N°	Bolas $\varphi$ mm	Distribución en %
I	90	20
	80	25
	70	35
	60	20
II	50	50
	40	50
III	30	50
	20	50

Fuente: Elaboración propia 2017

### 3.7.3. DISEÑO DEL SEPARADOR

Para un funcionamiento de 25.798 t/h de material que ingresa al Separador usamos para el diseño la **Tabla 15.2.2** del Manual del Cemento DUDA en su Pág. 146, donde se selecciona un separador con las siguientes características:

Diámetro del separador 3,2 m

Potencia exigida 40 HP

Vueltas /min 245

Finos separados 92% < 90 $\mu$  hasta máximo de material separado de 30 t/h

Conociendo el Diámetro óptimo del Separador  $d_s = 3.2$  m se procede a realizar el cálculo de dimensionamiento de las medidas del separador (ecuaciones desde la 3.29 - 3.33)

***Altura de las paletas del ventilador principal (b)***

$$b = 0.1 * d_s \quad (3.29)$$

$$b = 0,1 * 3,2 = 0,32 \text{ m}$$

***Diámetro del recinto de separación (d<sub>i</sub>)***

$$d_i = 0,7 * d_s \quad (3.30)$$

$$d_i = 0,7 * 3,2 = 2,24 \text{ m}$$

***Diámetro del ventilador principal (d<sub>1</sub>)***

$$d_1 = 0,7 * d_s \quad (3.31)$$

$$d_1 = 0,7 * 3,2 = 2,24 \text{ m}$$

***Diámetro del ventilador auxiliar (d<sub>2</sub>)***

$$d_2 = 0,5 * d_s \quad (3.32)$$

$$d_2 = 0,5 * 3,2 = 1,60 \text{ m}$$

***Diámetro del plato del separador (d<sub>3</sub>)***

$$d_3 = 0,33 * d_s \quad (3.33)$$

$$d_3 = 0,33 * 3,2 = 1.06 \text{ m}$$

**Consumo Específico del Separador ( $W_{sep}$ )**

Potencia exigida 40 HP = 29,828Kw

El consumo específico de energía por tonelada = 29,828Kw / 25,798 t/h

El consumo específico de energía por tonelada = 1,156 Kwh/t

**3.7.4. DISEÑO DEL CICLÓN****Calculo del flujo del gas necesario para el Separador ( $Q'$ )**

Arena de Sílice a la salida del Separador ( $D_4$ )= 8.599 t/h = 143.317 k de arena de Sílice/min

Cantidad específica de aire para la separación = 1056 m<sup>3</sup>N/1000 k referencia del Manual del Cemento DUDA pág. 152, cantidades de aire de separadores

$$Q' = (1056 \text{ m}^3\text{N}/1000 \text{ k}) * (143,317 \text{ k de arena de Sílice / min})$$

$$Q' = 151,343 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q' = 5344,527 \text{ pie}^3/\text{min}$$

El autor Vatauvuk, M.W.; Air Pollution Control – Escalate Equipment Costs, Chemical Engineering, 194-203 (1995) recomiendan que para caudales entre 0,5 y 1,2 m<sup>3</sup>/s a condiciones de referencia se utilice un solo ciclón para el proyecto se usara dos Ciclones.

**Calculo del diámetro óptimo del Ciclón ( $D_{op}$ )**

Para el cálculo del diámetro del ciclón partimos de la ecuación (3.34)

$$Q' = K_D * D_{OP}^2$$

$Q'$  = Flujo de gas pie<sup>3</sup>/min

$D_{op}$  = Diámetro del ciclón pie

$K_D$  = constante dependiendo de la entrada tangencial del gas

$$D_{op} = \sqrt{\frac{Q'}{K_D}}$$

$$D_{op} = \sqrt{\frac{5344,527}{900}}$$

$$Dop = 0,743 \text{ m}$$

***Dimensiones óptimas del Ciclón:***

Conociendo el Dop calculado se procede a realizar el cálculo de dimensionamiento de las medidas del Ciclón (Se emplea las ecuaciones desde la 3.35 - 3.41)

*Diámetro de salida (Do)*

$$Do = 0,5Dop \quad (3.35)$$

$$Do = 0,5 * 0,743$$

$$Do = 0,372 \text{ m}$$

*Altura de entrada del ciclón(a')*

$$a' = 0,5Dop \quad (3.36)$$

$$a' = 0,5 * 0,743$$

$$a' = 0,372 \text{ m}$$

*Ancho de la entrada (b<sub>1</sub>)*

$$b_1 = 0,25Dop \quad (3.37)$$

$$b_1 = 0,25 * 0,743$$

$$b_1 = 0,186 \text{ m}$$

*Altura de Salida (s°)*

$$s^\circ = 0,875Dop \quad (3.38)$$

$$s^\circ = 0,875 * 0,743$$

$$s^\circ = 0,650 \text{ m}$$

*Altura Parte cilíndrica (h)*

$$h = 2Dop \quad (3.39)$$

$$h = 2 * 0,743$$

$$h = 1,486 \text{ m}$$

*Altura total del ciclón (H)*

$$H = 4Dop \quad (3.40)$$

$$H = 4 * 0,743$$

$$H = 2,972 \text{ m}$$

*Diámetro de salida del ciclón (Bo)*

$$Bo = 0,25Dop \quad (3.41)$$

$$Bo = 0,25 * 0,743$$

$$Bo = 0,186 \text{ m}$$

*Calculo del  $n_1$*

Usando la Ecuación (3.42) y Ecuación (3.43)

$$n_0 = \frac{(39,37 Dop)^{0,14}}{2,5} \quad (3.42)$$

$$n_0 = \frac{(39,37 * 0,743)^{0,14}}{2,5}$$

$$n_0 = 0,642$$

Para un  $T_1 = 20^\circ\text{C}$  y  $T_2 = 50^\circ\text{C}$

$$\frac{(1 - n_0)}{(1 - n_1)} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{0,3} \quad (3.43)$$

$$n_1 = 1 - \left[ (1 - 0,642) / \left(\frac{293,150}{323,150}\right)^{0,3} \right]$$

$$n_1 = 0,631$$

*Calculo de la longitud natural del Ciclón (Ln)*

Para el cálculo de la Longitud natural del ciclón Ln se usa la Ecuación (3.44)

$$Ln = 2,3 Do * \left(\frac{Dop^2}{a' * b_1}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.44)$$

$$Ln = 2,3 * 0,372 * \left(\frac{0,743^2}{0,372 * 0,186}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$L_n = 1,710 \text{ m}$$

Si el valor de  $L_n$  es menor que el valor de  $(H-s^o)$  se calcula  $V_{nL}$

$$L_n < (H-s^o)$$

$$L_n < (2,972 - 0,650)$$

$$1,710 < 2,322 \text{ Se calcula el } V_{nL}$$

**Calculando el valor de volumen natural del Ciclón ( $V_{nL}$ )**

Ref: HORZELLA THEODORE I. "Selecting installing Cyclone dust collectors" Chemical Engineering, Vol. 8. Ecuación 3.45 calculamos (d)

ecuación 3.45 calculamos (d)

$$d = D_{op} - (D_{op} - B^o) * \left[ \frac{(s^o + L_n - h)}{(H - h)} \right] \quad (3.45)$$

$$d = 0,743 - (0,743 - 0,186) \left[ \frac{(0,650 + 1,710 - 1,486)}{(2,972 - 1,486)} \right]$$

$$d = 0,415 \text{ m}$$

Para definir el cálculo de Volumen natural del ciclón  $V_{nL}$  se usa la Ecuación (3.46)

$$V_{nL} = \frac{(\pi * D_{op}^2)}{4} * (h - s^o) + \frac{(\pi * D_{op}^2)}{4} * \left[ \frac{(L_n + s^o + h)}{3} \right] * \left( 1 + \frac{d}{D_{op}} + \frac{d^2}{D_{op}^2} \right) - \left( \frac{\pi * D_o^2 * L_n}{4} \right)$$

$$V_{nL} = \frac{(\pi * 0,743^2)}{4} * (1,486 - 0,650) + \frac{(\pi * 0,743^2)}{4} * \left[ \frac{(1,710 + 0,650 + 1,486)}{3} \right]$$

$$\left( 1 + \frac{0,415}{0,743} + \frac{0,415^2}{0,743^2} \right) - \left( \frac{\pi * 0,372^2 * 1,710}{4} \right)$$

$$V_{nL} = 1,216 \text{ m}^3$$

**Cálculo de la constante de corrección para la altura del ducto de entrada al Ciclón ( $K_c$ )**

Calculando el volumen corregido  $V_B$  mediante la Ecuación 3.48

$$V_B = \frac{[\pi * (s^o - \frac{a}{2}) * (D_{OP}^2 - D_o^2)]}{4} \quad (3.48)$$

$$V_B = [\pi * (0,650 - 0,372/2) * (0,743^2 - 0,372^2)]/4$$

$$V_B = 0,151 \text{ m}^3$$

Una vez conocido los valores de  $V_B$  y  $V_{nL}$  con la Ecuación 3.49, se procede a determinar el valor de constante de corrección para la altura del ducto de entrada al Ciclón  $K_c$

$$K_c = \frac{\left(V_B + \frac{V_{nL}}{2}\right)}{D_{OP}^3} \quad (3.49)$$

$$K_c = \frac{\left(0,151 + \frac{1,216}{2}\right)}{0,743^3}$$

$$K_c = 1,850$$

### *Cálculo del número de diseño del ciclón $C_c$*

De las Ecuaciones (3.51) y (3.52) se  $K_a$  y  $K_b$ :

$$K_a = \frac{a'}{D_{OP}} \quad (3.51)$$

$$K_a = \frac{0,372}{0,743}$$

$$K_a = 0,501$$

$$K_b = \frac{b_1}{D_{OP}} \quad (3.52)$$

$$K_b = \frac{0,186}{0,743}$$

$$K_b = 0,250$$

Conocido los valores de  $K_a$  y  $K_b$  se emplea la Ecuación (3.53)

$$C_c = \frac{8K_c}{K_a * K_b} \quad (3.53)$$

$$C_c = \frac{8 * 1,850}{0,501 * 0,250}$$

$$C_c = 118,164$$

### ***Cálculo del parámetro de impactación inercial del Ciclón ( $\Psi$ )***

Considerando el tamaño de diámetro de partícula requerido  $d_s = 75 \mu\text{m}$  cuyo porcentaje de rechazo sea significativo 9% calculamos el valor de  $\Psi$  mediante Ecuación (3.54)

$$\Psi = \frac{[\delta_s * d_s^2 * U_{T2} * (n_1 + 1)]}{18\mu_G * D_{OP}} \quad (3.54)$$

Donde

$\delta_s$  = Densidad de las partículas 2650 (kg/m<sup>3</sup>)

$d_s$  = Diámetro de partícula considerado =  $75 \mu\text{m} = 7.5 * 10^{-5} \text{ m} < 200$  mallas con 9% de rechazo

$Q'$  = Flujo volumétrico del gas (m<sup>3</sup>/s) =  $K_D * D_{OP}^2 = 900 * (0,743 * 3,281)^2 = 5349,450 \text{ pie}^3/\text{min} = 2,525 \text{ m}^3/\text{s}$

$U_{T2}$  = Velocidad tangencial partícula (m/s);  $Q'/a'b_1$ ;  $U_{T2} = 2,525 / (0,372 * 0,186) = 36,493 \text{ m/s}$

$\mu_G$  = Viscosidad del gas aire a 50°C =  $1,963 * 10^{-5} \text{ (kg/m*s)}$

$$\Psi = \frac{[\delta_s * d_s^2 * U_{T2} * (n_1 + 1)]}{18\mu_G * D_{OP}}$$

$$\Psi = \frac{[2650 \quad (7,5 * 10^{-5})^2 * 36,493 \quad (0,631 + 1)]}{18 * 1,963 \quad 10^{-5} * 0,743}$$

$$\Psi = 3,379$$

### ***Calculando la eficiencia de colección del Ciclón ( $\eta_c$ )***

Para el cálculo de la eficiencia usamos la Ecuación (3.55)

$$\eta_c = 1 - \exp - 2(C_c \Psi)^{1/(2+2n_1)} \quad (3.55)$$

$$\eta_c = 1 - \exp - 2(118,164 \quad 3,379)^{1/(2+2*0,631)}$$

$$\eta_c = 0,9999$$

Lo que corresponde a una eficiencia del 99,99% como se analizó en el balance de materia.

**Cálculo de la caída de presión ( P )**

Calculando el factor de fricción en la pared  $\Phi$ , encontrando  $A_c$  con Ecuación (3.60)

$$A_c = \pi D_{op} h + \pi D_{op} s^o + \pi \left[ \frac{(D_{op} + b_1)}{2} \right] (H - h)$$

$$A_c = (\pi * 0,743 * 1,486) + (\pi * 0,743 * 0,650) + \pi \left[ \frac{(0,743 + 0,186)}{2} \right] (2,972 - 1,486)$$

$$A_c = 7,154 \text{ m}^2$$

Calculando  $\Phi$  con la Ecuación (3.59)

$$= \frac{\left\{ -\left[ \frac{D_o}{(D_{op} - b_1)} \right]^{1/2} + \left\{ \frac{D_o}{2(D_{op} - b_1)} + 4G_f A_c / a' b_1 \right\}^{1/2} \right\}}{2G_f A_c / a' b_1} \Phi$$

$$= \frac{\left\{ -\left[ 0,372 / (0,743 - 0,186) \right]^{1/2} + \left\{ \frac{0,372}{2(0,743 - 0,186)} + 4 * 0,005 * 7,154 / (0,372 * 0,186) \right\}^{1/2} \right\}}{2 * 0,005 * 7,154 / (0,372 * 0,186)}$$

$$= 0,709$$

Remplazando en la Ecuación (3.61)

$$P = \frac{\delta_G + \delta'_p}{2g} \left\{ U_1^2 \left[ 2\Phi^2 * \left( 2 \frac{(D_{op} - b_1)}{D_o} \right) \right] + 2U_o^2 \right\}$$

$$P = \frac{1,204 + 1,203}{2 * 9,81} \left\{ 36,493^2 \left[ 2 * 0,709^2 * \left( 2 \frac{(0,743 - 0,186)}{0,372} \right) \right] + 2 * 23,232^2 \right\}$$

$$\Delta P = 625,818 \text{ mm.c.a}$$

$$\text{Para cada Ciclón } P_1 = P_2 = \frac{625,818}{2} = 312,909 \text{ mm.c.a}$$

$U_o$  = Velocidad a la salida del tubo =  $4Q' / D_o^2$ , = 23,232 (m/s)

$U_1$  = Velocidad lineal a la entrada =  $Q' / a' b_1$  = 36,493 (m/s)

$\rho_G$  = 1,204 (kg/m<sup>3</sup>) y  $\rho_s$  = 2650 (kg/m<sup>3</sup>)

$c' = \rho_G / \rho_s = 1,204 / 2650 = 4,54 \times 10^{-4}$

$\rho' = c' (\rho_s - \rho_G) = 4,54 \times 10^{-4} * (2650 - 1,204) = 1,203 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

### ***Cálculo de la potencia del ventilador de tiro inducido (P<sub>v</sub>)***

Consideraciones si:

$$P_1 = \Delta P_{ciclón} + \Delta P_{separador} + \Delta P_{ductos}$$

$$P_{separador} = 200\% \Delta P_{ciclón}$$

$$P_{ductos} = 10\% \Delta P_{ciclón}$$

Remplazando tenemos:

$$P_1 = 625,818 + 1251,636 + 62,581$$

$$P_1 = 1940,035 \text{ mm.c.a}$$

La potencia necesaria para un ventilador centrífugo se puede calcular mediante la siguiente Ecuación (3.62)

$$P_v = \frac{Q' \Delta P_1}{102 \eta_2} \quad (3.62)$$

$$P_v = \frac{2,525 \cdot 1940,035}{102 \cdot 0,75}$$

$$P_v = 64,034 \text{ Kw}$$

$$P_v = 85,917 \text{ HP}$$

P<sub>v</sub> = Potencia requerida por el ventilador (kw)

Q' = Flujo de gas en 2,525(m<sup>3</sup>/s)

P<sub>1</sub> = Aumento de presión o carga total desarrollada por el ventilador 1 965,803mm.c.a

η<sub>2</sub> = Rango de eficiencia: 0,631 – 0,85 = 0,741

Consumo específico de energía del ventilador = 64,034Kw/17,198 (t/h)

Consumo específico de energía del ventilador = 3,723Kwh/t

### 3.7.5 DISEÑO DEL ELEVADOR DE CANGILONES

Condiciones de Operación

Tiempo de trabajo requerido	= 8 h/día
Capacidad de transporte requerida	= 25,466 t/h
Distancia entre ejes ( $H_c$ )	= 26 m
Capacidad de transporte ( $C'$ )	= 25466 kg/h
Velocidad de transporte ( $V_c$ )	= 4115 m/h
Distancia entre cangilones ( $S$ ) donde $[2h_c, 3h_c]$	0,419 m

*Calculo del número de vueltas de los cangilones ( $N$ )*

Usando la Ecuación (3.63)

$$N = \frac{V_c}{(2H_c)} \quad (3.63)$$

$$N = \frac{4115}{(2 * 26)}$$

$$N = 79,135 \text{ vueltas/h}$$

*Calculo del volumen del material transportado por vuelta ( $V_s$ )*

Se usa la Ecuación (3.64)

$$V_s = \frac{C'}{N d_s} \quad (3.64)$$

$$V_s = \frac{25466}{79.135 \cdot 2650}$$

$$V_s = 0.121 \text{ m}^3/\text{vuelta}$$

*Calculo de la profundidad de los Cangilones ( $P_c$ ):*

Mediante la Ecuación (3.65)

$$P_c = \frac{(V_s S)}{((a_0 b_0 H_c) - V_s)} \quad (3.65)$$

$$P_c = \frac{(0,121 \quad 0,419)}{((0,203 \quad 0,127 \quad 26) - 0,121)}$$

$$P_c = \frac{0,051}{(0,671 - 0,121)}$$

$$P_c = 0,093 \text{ m}$$

$a_o = 0.2032 \text{ m}$  Catálogo de Cangilones TAPCO INC pag 49

$b_o = 0.1270 \text{ m}$  Catálogo de Cangilones TAPCO INC pag 49

### **Cálculo del Número de Cangilones ( $N_{ca}$ )**

Se calcula mediante la Ecuación (3.66).

$$N_{ca} = \frac{2Hc}{(P_c+S)} \quad (3.66)$$

$$N_{ca} = \frac{2 * 26}{(0,093 + 0,419)}$$

$$N_{ca} = 101,563 \text{ cangilones}$$

### **Cálculo de la potencia requerida del motor del elevador (CV)**

El cálculo de la potencia requerida se calcula mediante la Ecuación (3.67).

$$CV = \frac{Ton}{h} * 2 * \frac{Hc}{270} \quad (3.67)$$

$$CV = 25,466 \quad \frac{(2 * 26)}{270}$$

$$CV = 4,904 \text{ Kw}$$

**Tabla III-8 A**  
**RESUMEN DE VALORES DEL DISEÑO**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
<b>I.- ETAPA MOLIENDA PRIMARIA</b>		
<b>CHANCADORA</b>		
Numero de vueltas de la Chancadora, $n_c$	227,126	RPM
Ancho de la mandíbula móvil, $b_c$	60,96	cm
Tamaño medio de material triturado, $d_c$	2,54	cm
Capacidad de Producción de la Chancadora, $Q_c$	14,399	t/h
Energía de Accionamiento de la Chancadora, $N_c$	26,760	Kw
<b>II.- ETAPA MOLIENDA SECUNDARIA</b>		
<b>MOLINO DE BOLAS</b>		
Potencia exigida para el Molino de Bolas, $W$	110,268	Kw
Diámetro del Molino de Bolas, $D_l$	1,628	m
Largo del Molino de Bolas, $L$	7,326	m
Velocidad de rotación crítica Molino de Bolas, $n_m$	33,152	RPM
Peso específico del Montón, $G$	19,428	t
Caudal del Molino de Bolas, $Q$	26,628	t/h
Volumen de llenado del Molino de Bolas, $h_b$	0,260	m
Volumen Cuerpos Molturantes cámara 1, $V_{C1}$	1,050	m <sup>3</sup>
Volumen Cuerpos Molturantes cámara 2, $V_{C2}$	0,945	m <sup>3</sup>
Volumen Cuerpos Molturantes cámara 3, $V_{C3}$	1,680	m <sup>3</sup>
Masa de las Bolas en las cámara 1, $M_{C1}$	4,778	t
Masa de las Bolas en las cámara 2, $M_{C2}$	4,300	t
Masa de las Bolas en las cámara 3, $M_{C3}$	7,644	t

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

Tabla III-8 B

## RESUMEN DE VALORES DEL DISEÑO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
<b>II.- ETAPA MOLIENDA SECUNDARIA</b>		
<b>SEPARADOR DE PARTICULAS</b>		
Diámetro del Separador, <b>ds</b>	3,2	m
Altura de las paletas del ventilador principal, <b>b</b>	0,32	m
Diámetro del recinto de separación, <b>di</b>	2,24	m
Diámetro del ventilador principal, <b>d<sub>1</sub></b>	2,24	m
Diámetro del ventilador auxiliar, <b>d<sub>2</sub></b>	1,60	m
Diámetro del plato del separador, <b>d<sub>3</sub></b>	1,06	m
Consumo Específico del Separador, <b>Wsep</b>	29,828	Kw
<b>CICLÓN</b>		
Calculo del diámetro óptimo del Ciclón, <b>Dop</b>	0,743	m
Diámetro de salida, <b>Do</b>	0,372	m
Altura de entrada del ciclón, <b>a'</b>	0,372	m
Ancho de la entrada, <b>b<sub>1</sub></b>	0,186	m
Altura de Salida, <b>s°</b>	0,650	m
Altura Parte cilíndrica, <b>h</b>	1,486	m
Altura total del ciclón, <b>H</b>	2,972	m
Diámetro de salida del ciclón, <b>Bo</b>	0,186	m
Longitud natural del Ciclón, <b>L<sub>n</sub></b>	1,710	m
Volumen natural del Ciclón, <b>V<sub>nL</sub></b>	1,216	m <sup>3</sup>
Corrección para la altura del ducto de entrada al Ciclón, <b>Kc</b>	1,850	----
Parámetro de impactacion inercial del Ciclón, <b>¥</b>	3,379	----
Potencia del ventilador de tiro inducido, <b>Pv</b>	64,034	Kw

Tabla III-8 C

## RESUMEN DE VALORES DEL DISEÑO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
<b>II.- ETAPA MOLIENDA SECUNDARIA</b>		
<b>ELEVADOR DE CANGILONES</b>		
Distancia entre ejes, $H_c$	26,00	m
Velocidad de transporte, $V_c$	4115,00	m/h
Distancia entre cangilones, $S$	0,419	m
Número de vueltas de los cangilones, $N$	79,13	vueltas/h
Profundidad de los Cangilones, $P_c$	0,093	m
Número de Cangilones, $N_{ca}$	101,563	cangilones
Potencia requerida del motor del elevador, $CV$	4,904	Kw

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

### 3.8. SERVICIOS AUXILIARES.

#### 3.8.1 ENERGÍA ELÉCTRICA

El requerimiento de energía eléctrica será satisfecho por las Empresa de Servicios Eléctricos de Tarija SETAR, con un tendido de corriente trifásica para la empresa.

**Tabla III-9**

#### CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA AÑO (Kw)

EQUIPOS	ENERGÍA CONSUMIDA (Kw/h)	ENERGÍA CONSUMIDA (Kw/día)	ENERGÍA CONSUMIDA (Kw/año)
Alimentador Vibratorio †	3,00	24,00	6 600,00
Chancadora de Mandíbulas	26,76	214,08	58 872,00
Cintas Transportadoras MP1 de 8,5M †	3,00	24,00	6 600,00
Cintas Transportadoras MP2 de 9 M †	3,00	24,00	6 600,00
Cintas Transportadoras MP3 de 8,5M †	3,00	24,00	6 600,00
Cintas Transportadoras S1 de 8,5 M †	3,00	24,00	6 600,00
Molino de Bolas †	210,00	1 680,00	462 000,00
Separador de Particulas	29,83	238,62	65 621,60
Batería de Ciclones 1 set	64,53	516,21	141 957,20
Transportadora espiral †	7,50	60,00	16 500,00
Gabinete Eléctrico †	301,95	2415,60	664 290,00
Elevador de Cangilones †	5,50	44,00	12 100,00
Separador Magnético	80,00	640,00	176 000,00
Bomba de Agua Sumergible	0,75	2,98	820,27
Moto Compresores de Aire	15,00	120,00	33 000,00
Tanque pulmón de Aire	25,00	200,00	55 000,00
Computadoras para personal	3,68	28,00	8 085,00
Impresoras para personal	0,18	1,44	396,00
Iluminación de Planta el 5% de la planta de producción	39,09	312,72	85 999,07
<b>Total (Kw)</b>	<b>824,76</b>	<b>6 595,06</b>	<b>1 813 641,14</b>

† Valores determinados de cotización por empresa proveedora de equipos ver Anexo II  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

**Tabla III-10**  
**COSTOS DE ENERGÍA ELECTRICA (\$us)**

<b>PERIODOS ANUALES</b>	<b>CONSUMO ANUAL (Kwh)</b>	<b>COSTO (kwh/\$us)</b>	<b>COSTO ANUAL (kwh/\$us)</b>
<b>PRIMER AÑO</b>	1 813 641,14	0,092	166 771,60
<b>SEGUNDO AÑO</b>	1 908 304,29	0,092	175 476,26
<b>TERCER AÑO</b>	2 007 169,96	0,092	184 567,35
<b>CUARTO AÑO</b>	2 111 541,47	0,092	194 164,73
<b>QUINTO AÑO</b>	2 249 148,02	0,092	206 818,21
<b>SEXTO AÑO</b>	2 366 551,79	0,092	217 613,96
<b>SÉPTIMO AÑO</b>	2 489 165,18	0,092	228 888,75
<b>OCTAVO AÑO</b>	2 618 574,16	0,092	240 788,43
<b>NOVENO AÑO</b>	2 754 737,43	0,092	253 309,19
<b>DÉCIMO AÑO</b>	2 898 537,97	0,092	266 532,23

Fuente: Elaboración propia 2017

### **3.8.2. CONSUMO DE AGUA**

La cantidad de agua que se utilizara durante todo el proceso será abastecido mediante un pozo que se instalara en la planta este suministro se lo realizara mediante la cooperativa COSSALT  
Ver Tabla III-11

Tabla III-11

## CONSUMO DE AGUA ANUAL POR PUNTO (Bs)

CONSUMO DE AGUA ANUAL POR PUNTO			
LUGAR DE INSTALACION DE PUNTOS DE AGUA	PUNTOS DE RED DE AGUA	COSTO DEL PUNTO MES (Bs)	COSTO DEL PUNTO AÑO (Bs)
Baño de personal	3,00	45,00	1620,00
Duchas de personal	3,00	45,00	1620,00
Cocina	1,00	45,00	540,00
Baño Administrativo	1,00	45,00	540,00
Lavandería	1,00	45,00	540,00
Jardines	2,00	45,00	1080,00
<b>TOTAL (Bs)</b>	<b>11,00</b>	<b>495,00</b>	<b>5940,00</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

Tabla III-12

## COSTOS DE AGUA POTABLE (\$us)

PERIODOS ANUALES	PUNTOS DE RED DE AGUA	COSTO DEL PUNTO MES (\$us/m <sup>3</sup> )	COSTO DEL PUNTO AÑO (\$us/m <sup>3</sup> )
PRIMER AÑO	11	6,46	853,45
SEGUNDO AÑO	11	6,46	853,45
TERCER AÑO	13	6,46	1 008,62
CUARTO AÑO	13	6,46	1 008,62
QUINTO AÑO	15	6,46	1 163,79
SEXTO AÑO	15	6,46	1 163,79
SÉPTIMO AÑO	15	6,46	1 163,79
OCTAVO AÑO	17	6,46	1 318,97
NOVENO AÑO	17	6,46	1 318,97
DÉCIMO AÑO	17	6,46	1 318,97

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

### 3.8.3 CONSUMO DE GASOLINA Y DIESEL

El consumo será para transporte del personal, de las materias primas y para el generador de luz en caso de cortes, se encontrara almacenado en turriles. Ver Tabla III-13

**Tabla III-13**

#### CONSUMO DE COMBUSTIBLE (I)

<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE ANUAL (I)</b>				
<b>VEHÍCULOS</b>	<b>TIPO</b>	<b>CONSUMO DIA (l/día)</b>	<b>CONSUMO MES (l/mes)</b>	<b>CONSUMO ANUAL (l/año)</b>
<b>Vagoneta Gerencia</b>	<b>Gasolina</b>	40,00	916,67	11 000,00
<b>Camioneta de Producción</b>	<b>Gasolina</b>	30,00	687,50	8 250,00
<b>Camioneta de Almacenes</b>	<b>Gasolina</b>	30,00	687,50	8 250,00
<b>Cargador de Ruedas 1</b>	<b>Gasolina</b>	100,00	2 291,67	27 500,00
<b>Generador de Luz</b>	<b>Gasolina</b>	4,36	100,00	1 200,05
<b>Camión Volqueta 1</b>	<b>Diésel</b>	180,00	4 125,00	49 500,00
<b>Camión Volqueta 2</b>	<b>Diésel</b>	180,00	4 125,00	49 500,00
<b>Camión Volqueta 3</b>	<b>Diésel</b>	50,00	1 145,83	13 750,00
<b>Pala Mecánica</b>	<b>Diésel</b>	200,00	4 583,33	55 000,00
<b>TOTAL (I)</b>		<b>814,36</b>	<b>18 662,50</b>	<b>223 950,05</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2016

Tabla III-14

## COSTOS DE COMBUSTIBLE GASOLINA - DIESEL (\$us)

PERIODOS ANUALES	CONSUMO ANUAL LITROS (l)	COSTO POR LITRO DE COMBUSTIBLE (\$us)	COSTO DE COMBUSTIBLE ANUAL (\$us)
PRIMER AÑO	223 950,05	0,54	120 120,74
SEGUNDO AÑO	235 639,14	0,54	126 390,45
TERCER AÑO	247 847,16	0,54	132 938,51
CUARTO AÑO	260 735,05	0,54	139 851,22
QUINTO AÑO	277 726,83	0,54	148 965,15
SEXTO AÑO	292 223,95	0,54	156 741,02
SÉPTIMO AÑO	307 364,36	0,54	164 861,92
OCTAVO AÑO	323 343,90	0,54	173 432,91
NOVENO AÑO	340 157,46	0,54	182 451,25
DÉCIMO AÑO	357 914,09	0,54	191 975,42

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

**3.9. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.**

El plan de actividades en la fase de instalación, contempla la realización del Estudio Técnico Económico Social y Ambiental (T.E.S.A.), Evaluación Técnica del T.E.S.A. la licitación y Contratación de Servicios de Supervisión y Obra, construcción de obras civiles, adquisición de equipos, pruebas iniciales de la PLANTA DE MOLIENDA DE CUARCITA requiriendo estas actividades un año calendario correspondiendo al año cero (2018) de la Proyección del Proyecto, y se detalla el desarrollo de las actividades involucradas de la manera siguiente.

En el Estudio Técnico Económico Social y Ambiental (T.E.S.A.), tomara en cuenta la elaboración de la ficha ambiental para proyecto nuevo, además de los cumplimientos legales sociales asociados para el cumplimiento de proyecto, recaudando información de los Ministerios de Medio Ambiente, Ministerio de Trabajo, Impuestos Internos, etc.

Se contemplara al ejecutar las actividades del cronograma de ejecución el buen trato con personal de la comunidad en desarrollo de la parte social.

**CUADRO III.1**  
**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN**

Tiempo Actividad	GESTION DE EJECUCION											
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
- Estudio T.E.S.A.												
- Evaluación.												
- Licitación de Maquinaria												
- Compra de terreno.												
- Construcciones Civiles.												
- Compra de Muebles y Enseres												
- Compra de Vehículos												
- Compra de Maquinaria												
- Montaje Maquinaria.												
- Montaje Equipos.												
- Servicios Auxiliares												
-Ajustes y puestas en marcha												
-Capacitación en manejo de maquinaria y equipos												
- Contratación Personal.												
- Patente de Áridos												
-Materias Primas e Insumos												
- Otras aprobaciones legales												

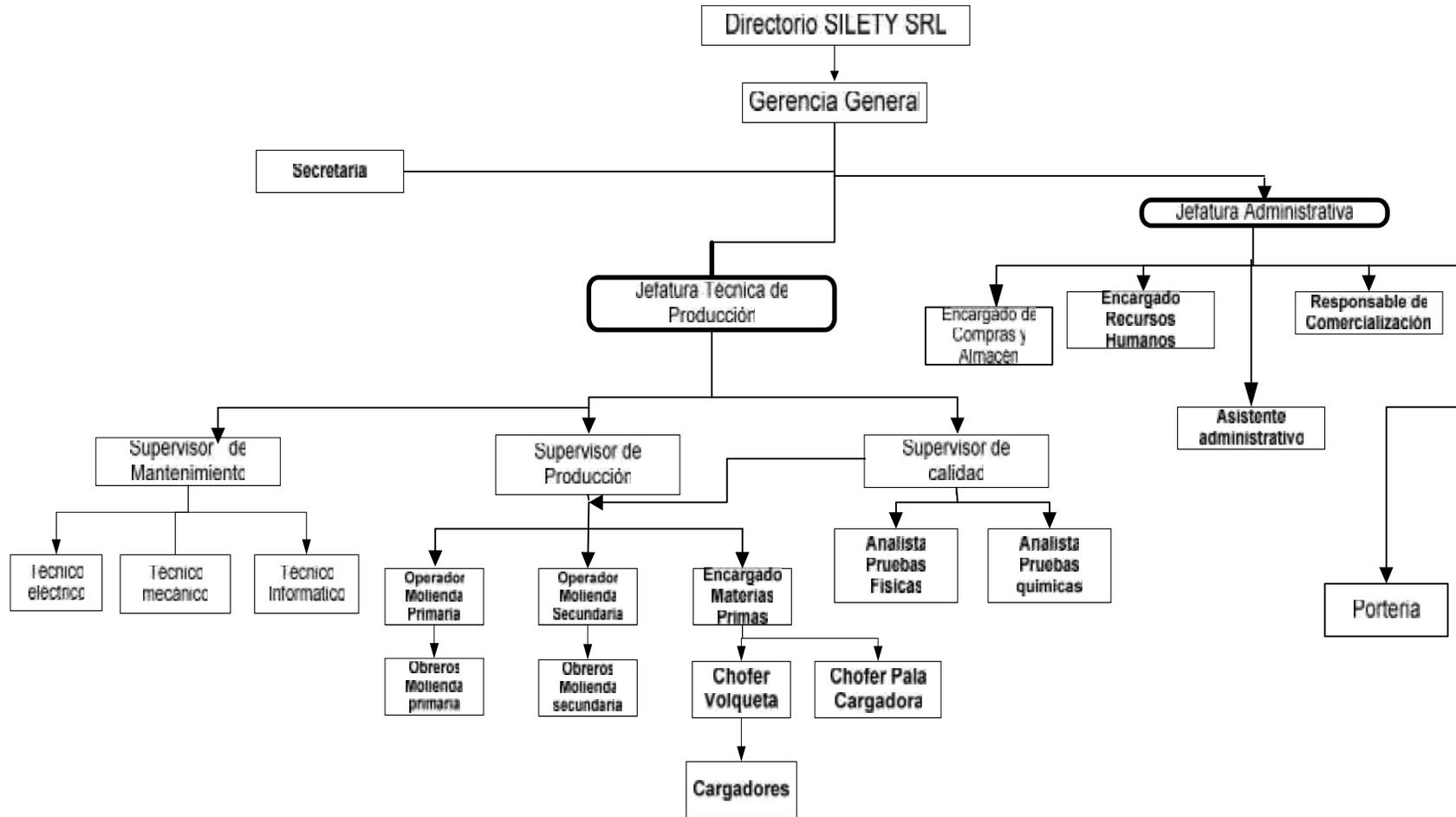
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

### 3.10. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La estructura de la empresa reparte las responsabilidades, atribuye la autoridad y establece las relaciones con otros puestos. La fábrica de molienda de cuarcita está presidida por una junta de accionistas que invertirán su dinero para la producción en esta industria; estos accionistas delegarán la función de administración general a un gerente general. La planta estará distribuida en departamentos para una mejor distribución del personal como se muestra a continuación.

3.10.1 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

Diagrama III-4  
**ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA**



### **3.10.2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES CARGOS**

#### **GERENTE GENERAL**

Como funcionario superior, es responsable de la empresa asumiendo la representación legal, debe dirigir y controlar las actividades globales de la empresa, teniendo autoridad para:

1. Ejecutar y hacer cumplir los planes de producción, ampliación, cumplimiento del presupuesto y la eficiencia de la empresa.
2. Ejercer y plena autoridad en la parte industrial y administrativa prestándole el servicio de un Auxiliar Contable como un servicio auxiliar.
3. Precautelar, cuidar y resguardar los bienes, derechos e intereses de la empresa.
4. Establecer las relaciones de comercialización del producto, con organismos de financiamiento, asistencia técnica tendientes a mejorar el desarrollo global de la empresa.
5. Controlar, reemplazar, sancionar y retirar al personal superior como subalterno en función del interés de la empresa.

#### **JEFATURA ADMINISTRATIVA**

Se encargará de toda la parte financiera de la empresa y coordinara los gastos económicos que se presenten junto con el gerente general.

El realizará la programación presupuestaria anual para todas las áreas de la empresa, se ocupara además de la parte legal y de la contratación del personal requerido para la empresa, la evaluación que se realice para el personal dependerá del responsable de cada área.

Como gerente administrativo es el responsable directo de la comercialización del producto rindiendo informes periódicos al gerente general.

Bajo su cargo se encontrarán Personal de Almacenes, Recursos Humanos, Comercialización y personal de Seguridad de Planta

#### **JEFATURA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN**

Encargado de hacer cumplir las obligaciones del Jefe de producción, Jefe de calidad y del Jefe de mantenimiento.

Como gerente técnico evaluará el desempeño de la planta y de la cantera y tiene la obligación de cuidar el patrimonio de la misma.

Sus actividades serán de:

1. Elaborar conjuntamente con el asesoramiento del jefe administrativo asignado el programa presupuestario de la empresa e independientemente el cronograma y plan de trabajo anual, así como vigilar su cumplimiento.
2. Definir e implementar aspectos técnicos de producción, velando por el cuidado y mantenimiento del equipo, además de cuidar por la calidad de los productos elaborados, materia prima e insumos de producción.
3. Verificar los procesos de producción, encargándose del aprovechamiento eficiente de los recursos materiales y humanos dirigiendo y controlando cada uno de las cinco secciones.
4. Elevar periódicamente a la Gerente General informes sobre la marcha de los planes previstos.

### **SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN**

Es el responsable directo del aprovechamiento eficaz de los medios de producción, mediante la ejecución de planes de producción y eficiente control del proceso productivo.

Como autoridad está sujeto a la autoridad de la Gerencia técnica el presentará las posibles alternativas para los posteriores estudio.

A su cargo están las áreas del chancado, molido y almacenado del producto además del mantenimiento de las máquinas y del sereno para el cuidado de las instalaciones.

Bajo su cargo se encontraran personal encargado de Chancado, Molienda y Cantera

### **SUPERVISOR DE CALIDAD**

Responsable de que el producto y las materias primas cumplan con todas las especificaciones técnicas que los clientes requieren, el mismo estará encargado del control de las pruebas físicas y químicas que se le haga tanto a las materias Primas como al producto en sus distintas etapas de elaboración. Estará a su cargo personal analistas de pruebas físicas y Químicas.

Es el responsable de comenzar a implementar los Sistemas de Gestión dentro de la planta empezando primero con Buenos Hábitos de Manufactura luego con un Sistema de Calidad, continuando con un Sistema de Gestión de Medio Ambiente y finalmente con el Sistema de Seguridad Industrial.

Emitirá informes al Gerente Técnico para la coordinación de desviaciones que se podrían producir en el proceso productivo

### **SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO**

Responsable de que los equipos cumplan con las especificaciones para las cuales han sido diseñados, dando el respectivo mantenimiento según los fabricantes ya sea en la parte eléctrica o mecánica e automatización de los mismos, además de ser responsable del respectivo mantenimiento de la infraestructura de la planta.

El presentará los planes de mantenimiento para la destinación de recursos a la Jefatura Técnica como alternativas para el desarrollo de la eficiencia energética de la planta.

Bajo su cargo se encontrarán los Técnicos Mecánico, Eléctrico e informático.

# CAPÍTULO IV

## CAPÍTULO IV

### ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO

#### 4.1. COMPONENTES DE LA INVERSIÓN

La inversión es un gasto que se efectúa por la adquisición de determinados activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles, vale decir la compra de bienes o servicios para la fabricación, producción o adquisición de bienes de capital, con los que el proyecto producirá durante su vida útil. Las inversiones totales se dividen en dos fases:

**a.- Fase de pre inversión.-** formado por gastos destinados a la inversión diferida, llamada también intangible cuya trayectoria empieza desde el primer desembolso del proyecto y termina con la puesta en marcha del mismo, es decir cuando el proyecto está listo para producir.

**b.- Fase de inversión.-** formado por gastos destinados a la adquisición de activos fijos y el capital de trabajo y termina cuando el proyecto cumple su vida útil.

##### 4.1.1. INVERSIÓN FIJA

Se caracterizan por su materialidad, tienen vida mayor a un año, y están sujetos a depreciación se cita los siguientes ejemplos de inversiones fijas: edificios, terrenos, maquinaria, vehículos, muebles y enseres.

A continuación se irán citando las inversiones fijas que se llevarán en este proyecto.

##### 4.1.2. TERRENO

El terreno que se adquirirá para este proyecto está ubicado en la zona de Camacho de la primera sección de la provincia Arce, los terrenos en esta zona según cotización cuestan 10 000 dólares la hectárea, para la ejecución de este proyecto se utilizará 2 hectáreas.

##### 4.1.3. MAQUINARIAS Y EQUIPOS

Se refiere a los equipos y maquinarias que se precisan para la operación de la planta, se detalla a continuación los costos de los equipos para la producción de arena de sílice que se necesitan para este proyecto.

Estos equipos fueron cotizados por distintos distribuidores para poder obtener el precio de venta de cada uno, este monto asciende a **704 447,45 \$us**. Ver Tabla IV-1

Tabla IV-1

## COSTOS DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS (\$us)

Ítem	Detalle Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Valor Total (\$us)
<b>A.00</b>	<b>MAQUINARIAS Y EQUIPOS</b>				
<b>A.01</b>	Alimentador vibratorio GZD-180x80	Pza.	1,00	53 870,40	7 740,00
<b>A.02</b>	Trituradora de mandíbula PE-250x 400	Pza.	1,00	74 054,04	10 639,95
<b>A.03</b>	Molino de bolas MQG-830x6400	Pza.	1,00	785 784,00	112 900,00
<b>A.04</b>	Elevador de cangilones T-210x13m	Pza.	1,00	74 054,40	10 640,00
<b>A.05</b>	Clasificador KX - 500 incluye ventilador	Pza.	1,00	253 692,00	36 450,00
<b>A.06</b>	Filtro de pulsación DMC - 36	Pza.	1,00	62 779,20	9 020,00
<b>A.07</b>	Fajas transportadoras B-500x9 m	Pza.	1,00	42 873,60	6 160,00
<b>A.08</b>	Fajas transportadoras B-500x8 m	Pza.	1,00	38 140,80	5 480,00
<b>A.09</b>	Transportadora espiral LS-200x15.5m	Pza.	1,00	74 054,40	10 640,00
<b>A.10</b>	Separador magnético	Pza.	1,00	16 704,00	2 400,00
<b>A.11</b>	Gabinete eléctrico	Pza.	1,00	74 054,40	10 640,00
<b>A.12</b>	Generador GX630 H de 8 KVA	Pza.	1,00	36 018,00	5 175,00
<b>A.13</b>	Bomba Sumergible Monofásico voltaje 220 V	Pza.	1,00	3 375,00	484,91
<b>A.14</b>	Tolva de Alimentación	Pza.	1,00	7 500,00	1 077,59
<b>A.15</b>	Cargador de ruedas	Equipo	1,00	570 720,00	82 000,00
<b>A.16</b>	Volqueta	Equipo	3,00	668 160,00	288 000,00
<b>A.17</b>	Retroexcavadora	Equipo	1,00	730 800,00	105 000,00
				<b>Total (\$us)</b>	<b>704 447,45</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

#### 4.1.4. MUEBLES Y ENSERES

Es el monto requerido para el equipamiento de las oficinas de administración, y las oficinas de producción este monto asciende a **28 392,04 \$us.**

**Tabla IV-2A**  
**COSTO DE MUEBLES Y ENSERES (\$us)**

Ítem	Detalle Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Valor Total (\$us)
<b>B.00</b>	<b>MUEBLES Y ENSERES</b>				
<b>B.01</b>	Escritorio Gerencial	Pza.	3,00	4 500,00	1 939,66
<b>B.02</b>	Sillón giratorio ejecutivo	Pza.	3,00	1 100,00	474,14
<b>B.03</b>	Credenzas Gerenciales	Pza.	3,00	3 000,00	1 293,10
<b>B.04</b>	Meza de reunión con 12 sillas	Pza.	1,00	12 000,00	1 724,14
<b>B.05</b>	Juego de Living (Secretaria)	Pza.	1,00	9 000,00	1 293,10
<b>B.06</b>	Computadoras Portátiles (Gerencia General, Jefatura de Producción, Jefatura Administrativa)	Pza.	3,00	6 000,00	2 586,21
<b>B.07</b>	Computadora Core I.7 ( Compras, Recursos Humanos, Comercial, Asistente Administrativo, Mantenimiento 2, Supervisor de Producción, Molienda Primaria, Molienda Secundaria, Laboratorio 2, Secretaria, Portería)	Pza.	13,00	4 200,00	8 448,28
<b>B.08</b>	Escritorios Pequeños (Producción, Mantenimiento, Laboratorio)	Pza.	3,00	1 200,00	517,24
<b>B.09</b>	Escritorios sencillos Pequeños (Compras, Recursos Humanos, Comercial, Asistente Administrativo, Secretaria)	Pza.	5,00	800,00	574,71
				<b>Sub Total IV-2A(\$us)</b>	<b>18 850,57</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

**Tabla IV-2B**  
**COSTO DE MUEBLES Y ENSERES**

<b>Ítem</b>	<b>Detalle Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (Bs)</b>	<b>Valor Total (\$us)</b>
<b>B.00</b>	<b>MUEBLES Y ENSERES</b>				
<b>B.10</b>	Sillas de escritores (Compras, Recursos Humanos, Comercial, Asistente Administrativo, Mantenimiento 2, Supervisor de Producción, Molienda Primaria, Molienda Secundaria, Laboratorio 2, Secretaria, Portería)	Pza.	13,00	450,00	840,52
<b>B.11</b>	Impresoras	Pza.	10,00	1 800,86	2 587,44
<b>B.12</b>	Teléfono	Pza.	10,00	300,00	431,03
<b>B.13</b>	Teléfono fax	Pza.	1,00	800,00	114,94
<b>B.14</b>	Archiveros (Compras 3, Recursos Humanos 2, Comercial 1, Asistente Administrativo 2, Mantenimiento 1, Supervisor de Producción 1, Molienda Primaria 1, Molienda Secundaria 1, Laboratorio 3, Secretaria 1)	Pza.	16,00	800,00	1 839,08
<b>B.15</b>	Estantes de oficina	Pza.	10,00	550,00	790,23
<b>B.16</b>	Mesas grandes de comedor para 10 personas	Pza.	5,00	2 500,00	1 795,98
<b>B.17</b>	Bancas para 5 personas	Pza.	10,00	650,00	933,91
<b>B.18</b>	Escritorio de Madera portería	Pza.	1,00	650,00	93,39
<b>B.19</b>	Juego de Living (recepción portería)	Pza.	1,00	5 000,00	718,39
				<b>Sub Total IV-2B (\$us)</b>	<b>10 144,91</b>
				<b>Total IV-2A + IV-2B (\$us)</b>	<b>28 392,04</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

#### 4.1.5 EDIFICIOS

La construcción de obra civil se estima en un monto aproximado de **363 072,00 \$us**. Posee distintos ambientes para el proceso productivo como para la parte administrativa.

**Tabla IV-3**  
**DETALLE DE OBRAS CIVILES E INSTALACIONES (\$us)**

Ítem	Detalle Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Valor Total (\$us)
<b>C.00</b>	<b>EDIFICIOS</b>				
<b>C.01</b>	Terreno Fabrica	m <sup>2</sup>	20 000,00		
<b>C.02</b>	Compra de terreno	m <sup>2</sup>	20 000,00	6,96	20 000,00
<b>C.03</b>	Cerrado de terreno	m	20 000,00	55,00	158 045,98
<b>C.04</b>	Oficinas , Sala de accionistas	m <sup>2</sup>	338,40	300,00	14 586,21
<b>C.05</b>	Tinglado Fabrica	m <sup>2</sup>	2 732,00	240,00	94 206,90
<b>C.06</b>	Vestuarios de personal	m <sup>2</sup>	42,00	250,00	1 508,62
<b>C.07</b>	Baños de Personal	m <sup>2</sup>	30,00	350,00	1 508,62
<b>C.08</b>	Cocina	m <sup>2</sup>	25,00	300,00	1 077,59
<b>C.09</b>	Comedor	m <sup>2</sup>	50,00	300,00	2 155,17
<b>C.10</b>	Oficinas de administración	m <sup>2</sup>	66,60	300,00	2 870,69
<b>C.11</b>	Almacén insumos	m <sup>2</sup>	300,00	300,00	12 931,03
<b>C.12</b>	Cuarto para el cribado	m <sup>2</sup>	15,00	100,00	215,52
<b>C.13</b>	Deposito producto terminado	m <sup>2</sup>	478,00	300,00	20 603,45
<b>C.14</b>	Almacén desechos de cuarcita	m <sup>2</sup>	245,00	240,00	8 448,28
<b>C.15</b>	Laboratorio	m <sup>2</sup>	122,00	300,00	5 258,62
<b>C.16</b>	Vivienda Sereno	m <sup>2</sup>	50,00	300,00	2 155,17
<b>C.17</b>	Mercadeo	m <sup>2</sup>	50,00	300,00	2 155,17
<b>C.18</b>	Cabina de control	m <sup>2</sup>	9,00	300,00	387,93
<b>C.19</b>	Almacén de combustibles	m <sup>2</sup>	100,00	650,00	9 339,08
<b>C.20</b>	Jardines	m <sup>2</sup>	800,00	80,00	9 195,40
				<b>Total (\$us)</b>	<b>366 649,43</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

#### 4.1.6. MATERIALES DIRECTOS E INDIRECTOS

Es el monto requerido para adquisición de los materiales asciende a **329 883,51\$us.**

**Tabla IV-4**  
**MATERIALES DIRECTOS E INDIRECTOS**

Ítem	Detalle Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Valor Total (\$us)
<b>D.00</b>	<b>MATERIALES DIRECTOS E INDIRECTOS</b>				
<b>D.01</b>	Extintores de 10 kilos	Pza.	10,00	570,00	818,97
<b>D.02</b>	Extintores de 5 kilos	Pza.	8,00	315,00	362,07
<b>D.03</b>	Equipo de Primeros Auxilios	Pza.	2,00	500,00	143,68
<b>D.04</b>	Combustibles de gasolina	l/año	56 200,05	3,74	30 199,45
<b>D.05</b>	Combustibles de diésel	l/año	167 750,00	3,72	89 659,48
<b>D.06</b>	Consumo de Energía Eléctrica	kw/año	1 813 641,14	0,64	166 771,60
<b>D.07</b>	Consumo de Agua	Punto/año	11,00	540,00	853,45
<b>D.08</b>	Ropa de Trabajo (2 mudas completas)	Par	30,00	858,00	3 698,28
<b>D.09</b>	Bolas cerámicas	ton	22,00	1 733,67	5 479,99
<b>D.10</b>	EPPS	Homb./año	30,00	4 200,00	18 103,45
<b>D.11</b>	Utensilios de trabajo para la planta	Pza.	20,00	4 800,00	13 793,10
				<b>Total (\$us)</b>	<b>329 883,51</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

#### 4.1.7. DETALLE DE MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA

El detalle de la mano de obra requerida más sus beneficios sociales tomando en cuenta 15 sueldos (prima, aguinaldo y el segundo aguinaldo) por persona asciende a **200 862,07 \$us.**

**Tabla IV-5**

#### DETALLE DE MANO DE OBRA DIRECTA E INDIRECTA (\$us)

Ítem	Detalle Descripción	Cantidad	Sueldo Bs/mes	Sueldo \$us/año
<b>E.00</b>	<b>MANO DE OBRA</b>			
<b>E.01</b>	Gerente General	1,00	12 000,00	25 862,07
<b>E.02</b>	Secretaria	1,00	2 000,00	4 310,34
<b>E.03</b>	Jefe Administrativo	1,00	7 000,00	15 086,21
<b>E.04</b>	Encargado de Recursos Humanos	1,00	2 800,00	6 034,48
<b>E.05</b>	Responsable de comercial	1,00	3 500,00	7 543,10
<b>E.06</b>	Encargado compras y almacén	1,00	2 500,00	5 387,93
<b>E.07</b>	Asistente Administrativo	1,00	2 300,00	4 956,90
<b>E.08</b>	Portero	2,00	2 000,00	8 620,69
<b>E.09</b>	Jefe de Producción	1,00	8 000,00	17 241,38
<b>E.10</b>	Asistente de Producción	1,00	3 000,00	6 465,52
<b>E.11</b>	Supervisor de calidad	1,00	3 500,00	7 543,10
<b>E.12</b>	Analistas de laboratorio	2,00	2 500,00	10 775,86
<b>E.13</b>	Operador del chancado (molienda primaria)	1,00	2 300,00	4 956,90
<b>E.14</b>	Operador de molino de bolas (molienda secundaria)	1,00	2 300,00	4 956,90
<b>E.15</b>	Encargado Materias Primas	1,00	2 100,00	4 525,86
<b>E.16</b>	Obreros producción	4,00	2 000,00	17 241,38
<b>E.17</b>	Supervisor de mantenimiento	1,00	4 000,00	8 620,69
<b>E.18</b>	Técnico mantenimiento eléctrico	1,00	2 300,00	4 956,90
<b>E.19</b>	Técnico mantenimiento mecánico	1,00	2 300,00	4 956,90
<b>E.20</b>	Técnico Informático	1,00	2 800,00	6 034,48
<b>E.21</b>	Chofer Volqueta	2,00	2 500,00	10 775,86
<b>E.22</b>	Chofer de Pala cargadora y cargadora de ruedas	1,00	2 500,00	5 387,93
<b>E.23</b>	Cargadores de materias primas	2,00	2 000,00	8 620,69
			<b>Total (\$us)</b>	<b>200 862,07</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

#### 4.1.8. VEHÍCULOS

El costo de vehículos para el proyecto asciende a un valor de **100 000,00 \$us**

**Tabla IV-6**  
**COSTO DE VEHÍCULOS (\$us)**

Ítem	Detalle Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Valor Total (\$us)
<b>F.00</b>	<b>Vehículos</b>				
<b>F.01</b>	Vagoneta del área administrativa	Vhe.	1,00	278 400,00	40 000,00
<b>F.02</b>	Camioneta de producción	Vhe.	1,00	208 800,00	30 000,00
<b>F.03</b>	Camioneta de almacenes	Vhe.	1,00	208 800,00	30 000,00
				<b>Total (\$us)</b>	<b>100 000,00</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

#### 4.1.9. MATERIA PRIMA E INSUMOS

El monto requerido para adquisición de materias primas e insumos es de **18 248,22\$us**

**Tabla IV-7**  
**COSTO MATERIAS PRIMAS E INSUMOS (\$us)**

Ítem	Detalle Descripción	Unidad	Cantidad	Precio de extracción (Bs)	Valor Total (\$us)
<b>1</b>	Extracción de materia prima cuarcita	m <sup>3</sup>	6 175,38	20,00	17 745,35
<b>2</b>	Concesión de patente municipal de extracción	Sup <sup>2</sup>	1,00	3 500,00	502,87
				<b>Total (\$us)</b>	<b>18 248,22</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2017

La estimación de la inversión representada en los cuadros de aspectos económicos del proyecto Anexo I, que han sido preparados tomando en cuenta las tablas de requerimientos anteriores.

En los que se describen:

- ❖ La inversión total requerida construido en la tabla AI-1 fue obtenido en base de la inversión fija, la inversión diferida y el capital de trabajo el mismo que asciende a **1 884 269,99 \$us**
- ❖ El Programa de inversión total requerida elaborado en la Tabla AI-2, distribuido a lo largo de 12 meses en que se realizarán la ejecución de las inversiones.
- ❖ La estructura del Financiamiento construido en la Tabla AI-3, el mismo que será financiado por una parte de préstamos **1 515 083,64 \$us** y otra con fondos propios **369 186,36 \$us**.
- ❖ Las condiciones financieras de préstamo para un periodo de 11 años fue elaborado en la Tabla AI-4 tomando en cuenta para el mismo un interés para la pequeña empresa al 7% con un periodo de gracia de un año y diez años de pago variable del préstamo.
- ❖ Los índices utilizados para calcular la depreciación se han obtenido de los que la Ley nos indica y han sido proporcionados por la Contraloría Departamental generándose en el tiempo un valor residual del Proyecto de **259 987,07 \$us**. Ver Tabla AI-5.
- ❖ La clasificación de costos (fijos y variables) y con la información obtenida de la Ingeniería del Proyecto, se elabora la Tabla AI-6 de los costos a lo largo de duración del proyecto.
- ❖ El costo unitario de producción a partir de los costos fijos y variables que nos indica el costo de producir 1 tonelada de Producto a lo largo del tiempo que dure el proyecto ver la Tabla AI-7. Además conociendo este costo unitario de producción determinamos el precio de venta que asciende a **83,37 \$us**
- ❖ Los ingresos anuales proyectados en la Tabla AI-8 que el proyecto recibe por la venta de su producción a lo largo de los 10 años de duración.
- ❖ El punto de Equilibrio o umbral de rentabilidad en unidades monetarias y volúmenes físicos a lo largo de los 10 años fue desarrollado en la Tabla AI-9. donde el nivel de producción de los beneficios por ventas o volúmenes producidos es igual a la suma de los costos fijos y variables que a partir de este nivel el proyecto logra utilidades.

# CAPÍTULO V

## CAPÍTULO V

### EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

#### 5.1. INTRODUCCIÓN

La evaluación del proyecto, implica determinar el valor del proyecto, de manera que al compararlo con otros proyectos basados en criterios aceptables actualmente, pueda dársele una ponderación y clasificación que sirva para tomar la decisión de invertir en el mismo y también tomar una decisión con relación a la forma de financiamiento.

#### 5.2. EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS ECONÓMICOS

Los criterios aceptados para esta valoración son varios, destacando los más importantes:

##### 5.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Este criterio de valoración se define como: “La sumatoria de los beneficios netos actualizados de un proyecto a una tasa de actualización determinada por el costo de oportunidad capital”, este costo oportunidad es el posible rendimiento de la misma cantidad de capital invertido en otra actividad.

El resultado de este cálculo, debe tener un valor positivo, para que el inversionista tome la decisión de invertir en el proyecto. (VAN >0)

Matemáticamente la ecuación por la que se calcula es la siguiente:

$$VAN = - \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FN_n}{(1+i)^n} \quad (5.1)$$

Dónde:

$i = 7,00\%$  (taza de interes de actualizacion)

$n = 10$  años (vida util del proyecto)

FN = flujo neto o saldo de liquidez neto

Para el presente estudio de pre factibilidad y empleando la fórmula matemática (5.1) se encuentra el valor actual neto económico (VANE) y el valor actual neto financiera (VANF) determinando así el costo oportunidad del proyecto.

Los cálculos realizados para la obtención de los valor actual neto económico (VANE) y el valor actual neto financiera (VANF) se muestran en los Anexo I Valoración Económico-Financiero.

- El valor actual neto económico VANE (7%) es de 4 088 413,41 \$us el cálculo es expresado en la tabla AI-13. Este se determinó a partir del Estado de Pérdidas y Ganancias Económico tabla AI – 10, del Estado de Flujo de Fondos Económico tabla AI – 11 y del Flujo Neto Económico tabla AI – 12.
- El valor actual neto financiero VANF (7%) es de 2 485 428,40 \$us el cálculo es expresado en el la tabla AI-17. Este se determinó a partir del Estado de Pérdidas y Ganancias Financiero tabla AI – 14, del Estado de Flujo de Fondos Financiero tabla AI – 15 y del Flujo Neto Financiero tabla AI – 16.

### 5.2.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Este criterio se define como:

“Es aquella tasa de actualización que nos anula la rentabilidad absoluta neta del proyecto, es decir que es la tasa para la cual el VAN = 0”

La tasa interna de retorno, es el factor de actualización, que nos permitirá que el flujo neto de fondos se actualice.

$$TIR = i_1 + (i_2 - i_1) \frac{VAN}{[VAN_1 + VAN_2]} \quad (5.2)$$

Dónde:

$i_1$  = tasa de decuento del ultimo VAN POSITIVO

$i_2$  = tasa de decuento del primer VAN NEGATIVO

$VAN_1$  = Valor actual neto, obtenido con  $i_1$

$VAN_2$  = Valor actual neto, obtenido con  $i_2$

Para el presente estudio de pre factibilidad y empleando la fórmula matemática (5.2) se encuentra la tasa interna de retorno económico (TIRE) y tasa interna de retorno financiera (TIRF) determinando con estos valores el efecto de apalancamiento.

Los cálculos realizados para la obtención de la tasa interna de retorno económico (TIRE) y tasa interna de retorno financiera (TIRF) se muestran en los Anexo I Valoración Económico-Financiero.

- La tasa interna de retorno económico TIRE para un VANE = 0 es **25,10 %**, esta expresado en la tabla V-1 y la forma de cálculo tabla AI-20 que fue obtenido a partir de la tabla AI-18 ultimo VANE (+) = 25,00 % y la tabla AI-19 el primer VANE (-) al 26,00%

**Tabla V-1**  
**CÁLCULO DEL FLUJO DE LA TIRE**

<b>TIRE</b>	<b>25,10%</b>
(+) VANE ( 25,00 % )	6 087,05 \$us
(-) VANE ( 26,00 % )	- 54 403,83 \$us

Fuente: Elaboración propia, 2017

- La tasa interna de retorno financiero TIRF para un VANF = 0 es **79,39 %**, esta expresado en la tabla V-2 y la expresión de cálculo en la tabla AI-23 que fue obtenido a partir de la tabla AI-21 ultimo VANF (+) = 79,00 % y la tabla AI-22 el primer VANF (-) al 80,00%

• **Tabla V-2**

**CÁLCULO DEL FLUJO DE LA TIRF**

<b>TIRF</b>	<b>79,39%</b>
(+) VANF ( 79,00 % )	2 004,51 \$us
(-) VANF ( 80,00 % )	-3 102,13 \$us

Fuente: Elaboración propia, 2017

### 5.2.3 EFECTO PALANCA

Es un indicador que permite determina el efecto que tiene sobre el proyecto las condiciones financieras del préstamo. Su aplicación se observa en la comparación que se efectúa entre la tasa interna de retorno económico (TIRE) y la tasa interna de retorno financiera (TIRF).

- Si la TIRE es mayor a la TIRF, existe un efecto de apalancamiento negativo, lo que significa que el préstamo obtenido es muy costoso y por lo tanto perjudica al resultado del proyecto.

- Si la TIRE es igual a la TIRF el efecto palanca es neutro lo que da lo mismo invertir o no invertir.
- Lo ideal para la inversión del proyecto es el apalancamiento positivo, ósea la tasa interna de retorno financiera tiene que ser mayor a la tasa interna de retorno económico.

Se obtiene una TIRF de 79,39% (Ver AI – 18, AI – 19 y AI – 20) y una TIRE de 25,10% (Ver AI – 21, AI – 22 y AI – 23)

**Tabla V-3**  
**EFFECTO PALANCA**

<b>TIRF</b>	<b>&gt;</b>	<b>TIRE</b>
<b>79,39 %</b>	<b>Efecto de apalancamiento positivo</b>	<b>25,10 %</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

### 5.3 PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL

Este indicador complementario nos permite medir el tiempo en el cual se recupera la inversión total a partir del flujo neto financiero del proyecto, este criterio de selección se vuelve atractivo cuando el periodo de recuperación sea igual o menor al tiempo esperado por el inversionista

$$P_{\text{recuperación capital}} = \frac{\text{Inversión Total (\$us)}}{\text{Flujo neto promedio anual}} \quad (5.3)$$

$$\text{Flujo neto promedio anual} = \frac{\text{Total flujo neto (\$us)}}{\text{Años vida útil}} \quad (5.4)$$

Se calculó el periodo de recuperación del capital a partir de la tabla AI-24 donde podemos ver que el tiempo estimado para recuperar la inversión se realizara en un tiempo máximo de 5 años.

De acuerdo a esto y por los valores obtenidos en estos cálculos muestra que el emprendimiento es rentable, si se mantienen las condiciones de cálculo asumidas.

### 5.4 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

Con este dato se puede mostrar la cantidad de dinero actualizado que percibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida en el caso de este proyecto en bolivianos.

Se obtiene de dividir los ingresos brutos actualizados (beneficios) entre los costos actualizados, a una tasa de interés vigente en el mercado, generalmente se utiliza la misma tasa que la aplicada para el cálculo del VAN.

Con la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\frac{B_1}{(1+i)^1} + \frac{B_2}{(1+i)^2} + \frac{B_3}{(1+i)^3} + \frac{B_4}{(1+i)^4} + \dots}{\frac{C_0}{(1+i)^0} + \frac{C_1}{(1+i)^1} + \frac{C_2}{(1+i)^2} + \frac{C_3}{(1+i)^3} + \frac{C_4}{(1+i)^4} + \dots} \quad (5.5)$$

Aplicando estos datos en la fórmula se tiene como resultado una relación beneficio/costo de:

**Tabla V-4**  
**RELACIÓN BENEFICO - COSTO**

<b>RELACIÓN BENEFICO - COSTO</b>	<b>R<sub>BC</sub></b>
Beneficio es mayor que el Costo	1,16 > 1

Donde se demuestra que el proyecto es aceptable, y que los beneficios son superiores a los costos.  $1,16 > 1$ . Ver tabla AI-25.

### 5.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad ayuda a determinar cuánto varía (que tan sensible es) el V.A.N y la T.I.R ante cambios en algunas variables del proyecto.

Las variables empleadas son aumento de inversión fija, la inversión diferida y el capital de trabajo en un 20% el interés del préstamo al 12% y bajar el porcentaje de utilidad al 0.27% por lo se obtiene una TIRF de 55,85 % y una TIRE de 22,77%, tiempo de recuperación de la inversión entre 5 años y una relación de  $B/C = 1.06$ . Por lo que el proyecto soportaría los incrementos para su realización.

**Tabla V-5**  
**EFFECTO PALANCA DE SENSIBILIDAD**

<b>TIRF</b>	<b>&gt;</b>	<b>TIRE</b>
<b>55,85 %</b>	<b>Efecto de apalancamiento positivo</b>	<b>22,77 %</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

# CAPÍTULO VI

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### 6.1 CONCLUSIONES

El estudio técnico económico para la Explotación de la Cuarcita (Sílice) en el Departamento de Tarija demuestra que la evaluación económica y financiera del proyecto tiene indicadores de evaluación de apalancamiento positivos ( $TIRF > TIRE$ ) de  $TIRF = 79,39$  y el  $TIRE = 25,10$  con una relación Beneficio / Costo (B/C) de 1,16 estableciendo que el proyecto es *económicamente factible*.

En las distintas etapas del proyecto se obtuvieron los siguientes resultados:

- El Estudio de Mercado, muestra y cuantifica una demanda insatisfecha de la arena de sílice en el mercado tarijeño en un primer año de producción de 15 555,96 t/año de arena de sílice, y que para el año 2025 será de 22 460,12 t/año.
- La localización del proyecto basado en la ponderación realizada por puntos, da como resultado que la Zona de Camacho de la Primera Sección de la Provincia Arce es el lugar más adecuado para la instalación, la misma ubicada a unos 75 km de la ciudad de Tarija. Por su cercanía a los yacimientos, servicios básicos y que el 90% de la carretera es asfaltada, además se tiene planificado para las siguientes gestiones el asfaltado final hasta la zona.
- El Estudio de Ingeniería del proyecto, realizado para la selección del proceso más adecuado para la producción de Arena de Sílice, llega a la conclusión de que el proceso automático de Ciclo Cerrado por molienda por vía seca cumple con todos los requisitos tecnológicos para la obtención de un buen producto y la reducción de pérdidas siendo este diseñado para producir 18 111 toneladas el año 2021 en un solo turno de producción de 8 horas.
- En los aspectos económicos del proyecto se realizó el análisis de la inversión total requerida, desarrollando un proceso de cotizaciones tanto nacionales e internacionales de los equipos y otros de dicha información donde en un resumen muestra que la inversión total asciende a un monto de **1 884 269,99 \$us** y un capital de trabajo de

417 251,52 \$us y que los mismos se cancelarán en su totalidad en 5 años a partir del primer año de producción.

- En el análisis de sensibilidad se aumentó la inversión fija, la inversión diferida y el capital de trabajo en un 20% con interés del préstamo al 12% y se bajó el porcentaje de utilidad al 0.27% por lo se obtiene una TIRF de 55,85 % y una TIRE de 22,77%, tiempo de recuperación de la inversión entre 5 años y una relación de B/C = 1.06. Por lo que el proyecto soportaría estos cambios para su realización.

## 6.2 RECOMENDACIONES

Para proseguir con la etapa subsiguiente del Proyecto, elaboración del Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental (T.E.S.A.) se recomienda considerar:

- La incorporación de nuevos mercados para la arena de sílice a procesar, pudiendo ser los mismos de índole Nacional o Internacional, permitiendo consolidar y efectuar en igualdad las condiciones de mercadeo
- El Estudio Ambiental correspondiente para la instalación de la Planta que tomará en cuenta sus Aspectos como Impactos ambientales de los procesos generados por la planta de Molienda.
- Estudios de Salud Ocupacional e higiene y seguridad Industrial para una mejor condición ocupacional.
- El buen manejo de apoyo social hacia la comunidad para el desarrollo y establecimiento del proyecto cumpliendo la responsabilidad social empresarial RSE.
- En el proceso de Molienda primaria (Chancado) se produce una cantidad de Cuarquita desbastada adicional a la requerida para la Molienda Secundaria, para el mismo se recomienda estudiar la posibilidad de vender este excedente a los habitantes de la Ciudad de Tarija para el uso en adornos Arquitectónicos de Piedra Vista muy requeridos en la actualidad.
- Dentro de los planes de producción los Planes de mantenimiento provisto por los fabricantes para una mayor vida útil de los Equipos empleados en las diferentes etapas de la molienda.

- Para efectos de crecimiento de la capacidad de producción de la Arena de Sílice, se recomienda el incremento de turnos de trabajo puesto que los activos fijos en maquinaria y equipos de producción se determinaron de manera, que no se requiera inversión futura en los mismos para incrementar la capacidad de producción en Planta.
- La realización de una Planificación y Logística para los volúmenes de producción generados para evitar el incumplimiento de Materia Prima (Arena de Sílice) por diferentes conflictos sociales que suceden dentro del Departamento de Tarija.

## **BIBLIOGRAFIA**

**1. DUDA WALTER H “Manual Tecnológico del Cemento”**

Editores Técnicos Asociados S.A Año 1977

**2. CEMENTO HORMIGON “ La molienda del Cemento, molinos y Separadores”**

**3. HORZELLA THEODORE I “Selecting installing cyclone dust collectors”**

Chemical Engineering, Vol 8.

**4. LEITH DAVID, LIGHT WILLIAM. “The Collection efficiency of Cyclone type particle collectors a new theoretical approach”**

Air pollution and its Control, N°126, Vol. 68.

**5. PERRY ROBERT H., GREEN DON W., MALONEY SAMES O.**

“Manual del Ingeniero Químico”

**6. BANCHERO BADGER, “Introducción a la ingeniería”**

Mc Graw-Hill, 1970

**7. PERRY R. Y HILTON C.H., “Manual del Ingeniero Químico”**

Editorial Mc Graw-Hill, Mexico, IV Edición 2005

**8. Catalogo PFEIFFER, Industry Company Año 1997**

9. **JOSE CUELLAR GALLARDO, CARLOS GONZALES CENZANO, LUIS LOBOS FLORES.**, “Evaluación Técnica, Prevención de Riesgos y Reacondicionamiento de la planta Lixiviadora de Minerales de Cobre, Andrómeda ., Chile Año 1978
10. **JORGE ESPINOZA MORALES.**, “ Dimensionamiento de Equipos Minerales” Año 1999
11. **JUAN RAMON ALCANTAR VALLADARES.**, “Diseño Practico de un Molino de Bolas”., México, D.F. Año 2008
12. **INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INE** (2010, Julio 25)
13. **RODRÍGUEZ S.** (1999 Septiembre 09) El silicio, fundamento de la corteza terrestre.
14. **Paredes R. (1994, Septiembre 15).** Elementos para la elaboración y evaluación de proyectos

**ANEXO I**  
**ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROYECTO**

**Tabla AI – 1**  
**INVERSION TOTAL REQUERIDA (\$us)**

<b>INVERSIÓN TOTAL REQUERIDA</b>		
<b>N°</b>	<b>DETALLE</b>	<b>VALOR (\$us)</b>
<b>1</b>	<b>Inversión (a + b)</b>	<b>1 467 018,47</b>
	<b>a) Inversión fija</b>	<b>1 199 488,91</b>
	Terreno	20 000,00
	Maquinaria y equipo	704 447,45
	Edificios, obras civiles e instalaciones	346 649,43
	Muebles y enseres	28 392,04
	Vehículos	100 000,00
	<b>b) Inversión diferida</b>	<b>267 529,56</b>
	Gastos de Organización	4 454,02
	Concesión de patente de áridos	5 028,74
	Montaje e instalación de maquinaria	80 081,42
	Estudios	34 500,00
	Supervisión	2 514,37
	Interés de pre-operación	106 055,85
	Imprevistos	34 895,16
<b>2</b>	<b>Capital de trabajo</b>	<b>417 251,52</b>
	<b>Inversión Total (1 + 2)</b>	<b>1 884 269,99</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

$$\text{Capital de Trabajo} = \frac{\text{Costo Total Año}}{365 \text{ días/año}} * N^{\circ} \text{ días ciclo Productivo}$$

$$\text{Capital de Trabajo} = \frac{846\,093,37 \text{ \$us}}{365 \text{ días/año}} * 180 \text{ días/año}$$

$$\text{Capital de Trabajo} = 417\,251,52 \text{ \$us}$$

**Tabla AI – 2**  
**PROGRAMA DE INVERSION REQUERIDA (\$us)**

PROGRAMA DE INVERSIONES REQUERIDAS (\$us)													
N°	DETALLE	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
<b>1</b>	<b>Inversión (a+b)</b>	<b>12 390,80</b>	<b>12,390.80</b>	<b>112 390,80</b>	<b>4 985,02</b>	<b>24 985,02</b>	<b>97 178,99</b>	<b>92 150,25</b>	<b>779 265,23</b>	<b>151 258,67</b>	<b>37 520,46</b>	<b>35 555,75</b>	<b>106 946,66</b>
	a) Inversión fija	0,00	0.00	100 000,00	0,00	20 000,00	86 662,36	86 662,36	773 777,33	97 721,93	0.00	34 664,94	0,00
	Terreno					20 000,00							
	Maquinaria y equipo								704 447,45				
	Edif, obras civiles e instalaciones						86 662,36	86 662,36	69 329,89	69 329,89		34 664,94	
	Muebles y enseres									28 392,04			
	Vehículos			100 000,00									
	b) Inversión diferida	12 390,80	12 390,80	12 390,80	4 985,02	4 985,02	10 516,63	5 487,90	5 487,90	53 536,75	37 520,46	890,80	106 946,66
	Gastos Organización	890,80	890,80	890,80								890,80	890,80
	Concesión de patente áridos						5 028,74						
	Mont. e instalación maquinaria									48 048,85	32 032,57		
	Estudios	11 500,00	11 500,00	11 500,00									
	Supervisión						502,87	502,87	502,87	502,87	502,87		
	Int. de pre-operación												106 055,85
	Imprevistos				4 985,02	4 985,02	4 985,02	4 985,02	4 985,02	4 985,02	4 985,02		
<b>2</b>	<b>Capital de trabajo</b>							<b>69 541,92</b>					
	<b>Inversión Total (1+2)</b>	<b>12 390,80</b>	<b>12 390,80</b>	<b>112 390,80</b>	<b>4 985,02</b>	<b>24 985,02</b>	<b>97 178,99</b>	<b>161 692,17</b>	<b>848 807,15</b>	<b>220 800,59</b>	<b>107 062,38</b>	<b>105 097,67</b>	<b>176 488,58</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 3**  
**ESTRUCTURA DEL FINANCIAMIENTO REQUERIDO (\$us)**

<b>ESTRUCTURA DEL FINANCIAMIENTO REQUERIDO (\$us)</b>				
<b>N°</b>	<b>DETALLE</b>	<b>APORTE PROPIO</b>	<b>APORTE SOLICITADO</b>	<b>1 884 269,99</b>
		<b>369 186,36</b>	<b>1 515 083,64</b>	<b>TOTAL (\$us)</b>
<b>1</b>	<b>Inversión (a+b)</b>	<b>223 148,32</b>	<b>1 243 870,15</b>	<b>1 467 018,47</b>
	<b>a) Inversión fija</b>	<b>48 392,04</b>	<b>1 151 096,87</b>	
	Terreno	20 000,00	0,00	
	Maquinaria y equipo	0,00	704 447,45	
	Edificios, obras civiles e instalaciones	0,00	346 649,43	
	Muebles y enseres	28 392,04	0,00	
	Vehículos	0,00	100 000,00	
	<b>b) Inversión diferida</b>	<b>174 756,28</b>	<b>92 773,27</b>	
	Gastos de Organización	4 454,02	0,00	
	Concesión minera	5 028,74	0,00	
	Montaje e instalación de maquinaria	8 008,14	72 073,27	
	Estudios	13 800,00	20 700,00	
	Supervisión	2 514,37	0,00	
	Interés de pre-operación	106 055,85	0,00	
	Imprevistos	34 895,16	0,00	
<b>2</b>	<b>Capital de trabajo</b>	<b>146 038,03</b>	<b>271 213,49</b>	<b>417 251,52</b>
	<b>Inversión Total (1+2)</b>	<b>369 186,36</b>	<b>1 515 083,64</b>	<b>1 884 269,99</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 4**  
**PLAN DE PAGOS VARIABLE (\$us)**

<b>PLAN DE PAGOS FORMA DE PAGO VARIABLE</b>				
<b>AÑO</b>	<b>SALDO CAPITAL</b>	<b>INTERÉS (7%) "I"</b>	<b>AMORTIZACIÓN "A"</b>	<b>TOTAL (I+A)</b>
1	1 515 083,64	106 055,85	0.00	106 055,85
2	1 515 083,64	106 055,85	151 508,36	257 564,22
3	1 363 575,27	95 450,27	151 508,36	246 958,63
4	1 212 066,91	84 844,68	151 508,36	236 353,05
5	1 060 558,55	74 239, 10	151 508,36	225 747,46
6	909 050,18	63 633,51	151 508,36	215 141,88
7	757 541,82	53 027,93	151 508,36	204 536,29
8	606,033.46	42 422,34	151 508,36	193 930,71
9	454 525,09	31 816,76	151 508,36	183 325,12
10	303 016,73	21 211,17	151 508,36	172 719,53
11	151 508,36	10 605,59	151 508,36	162 113,95
<b>TOTAL (\$us)</b>		<b>689 363,06</b>	<b>1 515 083,64</b>	<b>2 204 446,69</b>

Nota: Los intereses de Gracia (año 1), constituyen los intereses de pre-operación.

Fuente: Elaboración propia, 2017

$$\text{Amotizacion (A)} = \frac{\text{Aporte Solicitado (\$us)}}{\text{Plazo (años)}}$$

$$\text{Amotizacion (A)} = \frac{1\ 515\ 083,64}{10}$$

$$\text{Amotizacion (A)} = 151\ 508,36\ \$us/año$$

**Tabla AI – 5**  
**TABLA DE DEPRECIACIÓN (\$us)**

<b>TABLA DE DEPRECIACION (\$us)</b>							
<b>N°</b>	<b>Valor Inicial (V.I)</b>	<b>Años vida útil del activo fijo (n<sub>util</sub>)</b>	<b>Porcentaje depreciación Anual (%)</b>	<b>Tiempo de uso (t<sub>uso</sub>)</b>	<b>Depreciación Anual</b> $D.A = \frac{V.I}{n_{util}}$	<b>Depreciación Acumulada</b> $D.Acm = D.A * t_{uso}$	<b>Valor Residual</b> $V.R = V.I - D.Acm$
Maquinaria y equipo †	704 447,45	8,00	12,5	10,00	88 055,93	880 559,31	-176 111,86
Edificios, obras civiles instalaciones ††	346 649,43	40,00	2,50	10,00	8 666,24	86 662,36	259 987,07
Muebles y enseres	28 392,04	10,00	10,00	10,00	2 839,20	28 392,04	0,00
Herramienta y Útiles †††	13 793,10	4,00	25,00	10,00	3 448,28	34 482,76	-20 689,66
Vehículos ††††	100 000,00	5,00	20,00	10,00	20 000,00	200 000,00	-100 000,00
<b>Depreciación Anual del Proyecto (\$us)</b>						<b>123 009,65</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2017

† El Valor Residual Negativo de las maquinarias y equipos indica que se tendrá que realizar inversiones por parte de los socios a partir del año 8 para su reposición o cambio, esta inversión será realizado por las utilidades que se reciban para no incrementar los préstamos al proyecto.

†† El valor Residual Positivo de los Edificios obras civiles e instalaciones será tomado en cuenta en el Flujo de fondos del Proyecto.

††† El valor residual Negativo de las herramientas indica tomar en cuenta la reposición gradual en los materiales directos e indirectos del proyecto.

†††† El valor Residual Negativo de los Vehículos indica que se tendrá que realizar inversiones por parte de los socios a partir del año 5 para su reposición o cambio, esta inversión será realizado por las utilidades que se reciban para no incrementar los préstamos al proyecto.

**Tabla AI – 6**  
**PROYECCION DE COSTOS ANUALES (\$us)**

Nº	DETALLE	COSTOS ANUALES										
		Inst	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>Costos Totales (a+b)</b>	<b>0.00</b>	<b>946 698,50</b>	<b>979 161,89</b>	<b>1 015 912,33</b>	<b>1 057 618,11</b>	<b>1 109 710,11</b>	<b>1 163 760,07</b>	<b>1 224 829,30</b>	<b>1 294 170,33</b>	<b>1 372 416,85</b>	<b>1 460 948,87</b>
	<b>a) Costos Fijos (CF)</b>	<b>0.00</b>	<b>844 513,93</b>	<b>865 417,11</b>	<b>889 088,25</b>	<b>915 985,07</b>	<b>951 145,14</b>	<b>986 192,13</b>	<b>1 025 740,79</b>	<b>1 070 696,61</b>	<b>1 121 309,94</b>	<b>1 178 519,90</b>
	Mano de Obra Indirecta más beneficios sociales	0.00	119 827,59	136 100,17	154 582,58	175 574,89	199 417,96	226 498,92	257 257,47	292 193,04	331 872,85	376 941,18
	Mat. indirectos	0.00	329 883,51	345 119,69	360 914,01	377 424,10	399 346,68	417 918,30	437 314,00	457 939,84	479 478,94	502 226,15
	Amortización de Inversión Diferida	0.00	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96
	Costo financiero	0.00	106 055,85	95 450,27	84 844,68	74 239,10	63 633,51	53 027,93	42 422,34	31 816,76	21 211,17	10 605,59
	Alquileres	0.00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00
	Depreciaciones	0.00	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65
	Imprevistos	0.00	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16
	Mantenimiento y/o reparación	0.00	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22
	Otros	0.00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00
	<b>b) Costos variables (CV)</b>	<b>0.00</b>	<b>102 184,57</b>	<b>113 744,78</b>	<b>126 824,07</b>	<b>141 633,04</b>	<b>158 564,97</b>	<b>177 567,94</b>	<b>199 088,51</b>	<b>223 473,71</b>	<b>251 106,91</b>	<b>282 428,97</b>
	Mat. Prima Directa	0.00	11 150,08	11 705,81	12 286,22	12 898,94	13 706,78	14 396,01	15 115,83	15 875,54	16 674,91	17 519,11
	Mano de Obra Dir.	0.00	81 034,48	92 038,97	104 537,86	118 734,10	134 858,19	153 171,93	173 972,68	197 598,17	224 432,00	254 909,87
	Otros	0.00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 7**  
**COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN (\$us)**

<b>COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN (\$us)</b>			
<b>AÑO</b>	<b>COSTO TOTAL CT= CF + CV  (A)</b>	<b>CANTIDAD TOTAL QT  (B)</b>	<b>COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN  C.U.P = <math>\frac{A}{B}</math></b>
1	946 698,50	15 555,96	60,86
2	979 161,89	16 364,76	59,83
3	1 015 912,33	17 218,92	59,00
4	1 057 618,11	18 111,00	58,40
5	1 109 710,11	19 052,76	58,24
6	1 163 760,07	20 294,40	57,34
7	1 224 829,30	21 353,76	57,36
8	1 294 170,33	22 460,12	57,62
9	1 372 416,85	23 627,79	58,08
10	1 460 948,87	24 856,42	58,78

Fuente: Elaboración propia, 2017

$$\text{Precio de Venta } (P_{\text{venta}}) = \text{C. U. P } (1 + h_{\text{utilidad}}) \text{ $us}$$

$$\text{Precio de Venta } (P_{\text{venta}}) = 60,86 (1 + 0.37) \text{ $us}$$

$$\text{Precio de Venta } (P_{\text{venta}}) = 83,37 \text{ $us}$$

**Tabla AI – 8**  
**INGRESOS ANUALES PROYECTADOS (\$us)**

<b>INGRESOS ANUALES PROYECTADOS (\$us)</b>			
<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD TOTAL "QT"</b>	<b>PRECIO DE VENTA "P<sub>venta</sub>"</b>	<b>INGRESOS TOTALES <math>I_{total} = (QT * P_{venta})</math></b>
1	15 555,96	83,37	1 296 976,94
2	16 364,76	83,37	1 364 410,58
3	17 218,92	83,37	1 435 626,10
4	18 111,00	83,37	1 510 003,20
5	19 052,76	83,37	1 588 522,37
6	20 294,40	83,37	1 692 044,41
7	21 353,76	83,37	1 780 367,81
8	22 460,12	83,37	1 872 610,42
9	23 627,79	83,37	1 969 965,40
10	24 856,42	83,37	2 072 401,65

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 9**  
**PUNTO DE EQUILIBRIO CON COSTOS TOTALES**

<b>Punto de Equilibrio con Costos Totales</b>					
<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD TOTAL “QT”</b>	<b>Punto de Equilibrio (\$us)</b>	<b>Punto de Equilibrio (t)</b>	<b>Porcentaje de costos variables (%)</b>	<b>Porcentaje de costos Fijos (%)</b>
1	15 555,96	916 740,95	10 995,40	7,88 %	92,12 %
2	16 364,76	944 124,53	11 323,84	8,34 %	91,66 %
3	17 218,92	975 241,69	11 697,06	8,83 %	91,17 %
4	18 111,00	1 010 794,03	12 123,48	9,38 %	90,62 %
5	19 052,76	1 056 615,62	12 673,06	9,98 %	90,02 %
6	20 294,40	1 101 820,27	13 215,25	10,49 %	89,51 %
7	21 353,76	1 154 885,09	13 851,71	11,18 %	88,82 %
8	22 460,12	1 215 786,19	14 582,16	11,93 %	88,07 %
9	23 627,79	1 285 121,37	15 413,76	12,75 %	87,25 %
10	24 856,42	1 364 471,43	16 365,49	13,63 %	86,37 %

Fuente: Elaboración propia, 2017

- **PUNTO DE EQUILIBRIO UNIDADES MONETARIAS (\$us)**

$$P. E (\$us) = \frac{\text{Costo Fijo (CF)}}{1 - \frac{\text{Costo Variable (CV)}}{\text{Ingresos Totales (I}_{\text{totales}})}}$$

- **PUNTO DE EQUILIBRIO VOLUMENES FISICOS TONELADAS (t)**

$$P. E (t) = \frac{\text{Punto de Equilibrio unidades montarias [P. E (\$us)]}}{\text{Precio de Venta (P}_{\text{venta}})}$$

**Tabla AI – 10**  
**ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS ECONOMICO (\$us)**

N	Detalle	ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS ECONOMICO (\$us)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ingreso venta	1 296 976,94	1 364 410,58	1 435 626,10	1 510 003,20	1 588 522,37	1 692 044,41	1 780 367,81	1 872 610,42	1 969 965,40	2 072 401,65
2	<b>Costos Totales (a+b)</b>	936 092,91	968 556,31	1 005 306,74	1 047 012,53	1 099 104,52	1 153 154,48	1 214 223,72	1 283 564,74	1 361 811,26	1 450 343,29
	<b>a) Fijos</b>	833 908,35	854 811,53	878 482,67	905 379,49	940 539,55	975 586,54	1 015 135,21	1 060 091,03	1 110 704,36	1 167 914,31
	Mano de Obra Indirecta	119 827,59	136 100,17	154 582,58	175 574,89	199 417,96	226 498,92	257 257,47	292 193,04	331 872,85	376 941,18
	Material. indirecto	329 883,51	345 119,69	360 914,01	377 424,10	399 346,68	417 918,30	437 314,00	457 939,84	479 478,94	502 226,15
	AmortizaciónInversión Diferida(sin Interés de pre operación)	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37
	Costo financiero	106 055,85	95 450,27	84 844,68	74 239,10	63 633,51	53 027,93	42 422,34	31 816,76	21 211,17	10 605,59
	Alquileres	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00
	Depreciación	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65
	Imprevistos	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16
	Mantenimiento y/o reparación	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22
	Otros Ingresos	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00
	<b>b) Variables</b>	102 184,57	113 744,78	126 824,07	141 633,04	158 564,97	177 567,94	199 088,51	223 473,71	251 106,91	282 428,97
	Materia prima	11 150,08	11 705,81	12 286,22	12 898,94	13 706,78	14 396,01	15 115,83	15 875,54	16 674,91	17 519,11
	Mano de ObraDir	81 034,48	92 038,97	104 537,86	118 734,10	134 858,19	153 171,93	173 972,68	197 598,17	224 432,00	254 909,87
	Otros	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00
3	<b>Utilidad Bruta (1-2)</b>	360 884,03	395 854,27	430 319,36	462 990,67	489 417,85	538 889,93	566 144,09	589 045,68	608 154,14	622 058,37
4	<b>Impuestos</b>	90 221,01	98 963,57	107 579,84	115 747,67	122 354,46	134 722,48	141 536,02	147 261,42	152 038,53	155 514,59
5	<b>Utilidad Neta (3-4)</b>	<b>270 663,02</b>	<b>296 890,70</b>	<b>322 739,52</b>	<b>347 243,00</b>	<b>367 063,38</b>	<b>404 167,45</b>	<b>424 608,07</b>	<b>441 784,26</b>	<b>456 115,60</b>	<b>466 543,78</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 11**  
**ESTADO DE FLUJO DE FONDOS ECONOMICOS (\$us)**

N	Detalle	Instalación	ESTADO DE FLUJO DE FONDOS ECONOMICOS (\$us)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Fuentes	1 778 214,14	409 820,04	436 047,72	461 896,54	486 400,02	506 220,40	543 324,46	563 765,09	580 941,28	595 272,62	1 282 939,38
	Aporte Propio (sin interés de pre operación)	1 778 214,14										
	Utilidad Neta		270 663,02	296 890,70	322 739,52	347 243,00	367 063,38	404 167,45	424 608,07	441 784,26	456 115,60	466 543,78
	Depreciación		123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65
	Amortización de inversión diferida		16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37	16 147,37
	Otros Ingresos											
	Valor Residual											259 987,07
	Capital de Trabajo											417 251,52
2	Usos	1 778 214,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Inversión Fija	1 199 488,91										
	Inversión diferida (sin interés de pre-operación)	161 473,70										
	Capital de Trabajo	417 251,52										
3	Flujo EC Actual (1 + 2)	0,00	409 820,04	436 047,72	461 896,54	486 400,02	506 220,40	543 324,46	563 765,09	580 941,28	595 272,62	1 282 939,38
4	<b>Flujo EC Acumulado</b>	<b>0,00</b>	<b>409 820,04</b>	<b>845 867,76</b>	<b>1 307 764,30</b>	<b>1 794 164,32</b>	<b>2 300 384,72</b>	<b>2 843 709,18</b>	<b>3 407 474,27</b>	<b>3 988 415,55</b>	<b>4 583 688,17</b>	<b>5 866 627,55</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 12**  
**FLUJO NETO ECONOMICO (\$us)**

N	DETALLE	Instalación	FLUJO NETO ECONOMICO (\$us)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Flujo ajustado de Inversión	1 778 214,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Flujo Económico Actual		409 820,04	436 047,72	461 896,54	486 400,02	506 220,40	543 324,46	563 765,09	580 941,28	595 272,62	1 282 939,38
3	Flujo Neto Económico	1 778 214,14	409 820,04	436 047,72	461 896,54	486 400,02	506 220,40	543 324,46	563 765,09	580 941,28	595 272,62	1 282 939,38

Fuente: Elaboración propia, 2017

**AI - 13**  
**VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO**

$$\text{VANE}(\%) = - \frac{FN_0}{(1+i)^0} + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FN_n}{(1+i)^n}$$

$$\begin{aligned} \text{VANE}(7\%) = & - \frac{1\,778\,214,14}{(1+0,07)^0} + \frac{409\,820,04}{(1+0,07)^1} + \frac{436\,047,72}{(1+0,07)^2} + \frac{461\,896,54}{(1+0,07)^3} + \frac{486\,400,02}{(1+0,07)^4} + \frac{506\,220,40}{(1+0,07)^5} \\ & + \frac{543\,324,46}{(1+0,07)^6} + \frac{563\,765,09}{(1+0,07)^7} + \frac{580\,941,28}{(1+0,07)^8} + \frac{595\,272,62}{(1+0,07)^9} + \frac{1\,282\,939,38}{(1+0,07)^{10}} \end{aligned}$$

$$\text{VANE}(7\%) = 4\,088\,413,41 \text{ \$us}$$

**Tabla AI – 14**  
**ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS FINANCIERA (\$us)**

N	DETALLE	ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS FINANCIERA (\$us)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	<b>Ingresos</b>	1 296 976,94	1 364 410,58	1 435 626,10	1 510 003,20	1 588 522,37	1 692 044,41	1 780 367,81	1 872 610,42	1 969 965,40	2 072 401,65
	Ventas	1 296 976,94	1 364 410,58	1 435 626,10	1 510 003,20	1 588 522,37	1 692 044,41	1 780 367,81	1 872 610,42	1 969 965,40	2 072 401,65
	Otros Ingre.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2</b>	<b>Costo Total (a + b)</b>	946 698,50	979 161,89	1 015 912,33	1 057 618,11	1 109 710,11	1 163 760,07	1 224 829,30	1 294 170,33	1 372 416,85	1 460 948,87
	<b>a) Fijos</b>	844 513,93	865 417,11	889 088,25	915 985,07	951 145,14	986 192,13	1 025 740,79	1 070 696,61	1 121 309,94	1 178 519,90
	Mano de Obra Indirecta	119 827,59	136 100,17	154 582,58	175 574,89	199 417,96	226 498,92	257 257,47	292 193,04	331 872,85	376 941,18
	Mat. indirectos	329 883,51	345 119,69	360 914,01	377 424,10	399 346,68	417 918,30	437 314,00	457 939,84	479 478,94	502 226,15
	Amortización de Inv. Diferid	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96
	Costo financiero	106 055,85	95 450,27	84 844,68	74 239,10	63 633,51	53 027,93	42 422,34	31 816,76	21 211,17	10 605,59
	Alquileres	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00	3 600,00
	Depreciación	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65
	Imprevistos	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16	34 895,16
	Mantenimiento	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22	88 489,22
	Otros	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00	12 000,00
	<b>b) Variables</b>	102 184,57	113 744,78	126 824,07	141 633,04	158 564,97	177 567,94	199 088,51	223 473,71	251 106,91	282 428,97
	Materia prima	11 150,08	11 705,81	12 286,22	12 898,94	13 706,78	14 396,01	15 115,83	15 875,54	16 674,91	17 519,11
	Mano de obra Directa	81 034,48	92 038,97	104 537,86	118 734,10	134 858,19	153 171,93	173 972,68	197 598,17	224 432,00	254 909,87
	Otros Ingresos	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00
<b>3</b>	<b>Utilidad Bruta (1-2)</b>	350 278,44	385 248,69	419 713,78	452 385,09	478 812,26	528 284,34	555 538,51	578 440,10	597 548,55	611 452,78
<b>4</b>	<b>Impuestos</b>	87 569,61	96 312,17	104 928,44	113 096,27	119 703,07	132 071,09	138 884,63	144 610,02	149 387,14	152 863,20
<b>5</b>	<b>Utilidad Neta Anual (3-4)</b>	<b>262 708,83</b>	<b>288 936,52</b>	<b>314 785,33</b>	<b>339 288,81</b>	<b>359 109,20</b>	<b>396 213,26</b>	<b>416 653,88</b>	<b>433 830,07</b>	<b>448 161,41</b>	<b>458 589,59</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 15**  
**ESTADO DE FLUJO DE FONDOS FINANCIEROS (\$us)**

N	Detalle	Instalación	ESTADO DE FLUJO DE FONDOS FINANCIEROS (\$us)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	<b>Fuentes</b>	1 884 269,99	412 471,44	438 699,12	464 547,93	489 051,42	508 871,80	545 975,86	566 416,48	583 592,68	597 924,01	1 285 590,78
	Aporte Propio	369 186,36										
	Prestamos	1 515 083,64										
	Utilidad Neta		262 708,83	288 936,52	314 785,33	339 288,81	359 109,20	396 213,26	416 653,88	433 830,07	448 161,41	458 589,59
	Depreciación		123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65	123 009,65
	Amortización de Inversión Diferida.		26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96	26 752,96
	Otros Ingre.		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Valor Residual											259 987,07
	Capital de Trabajo											417 251,52
<b>2</b>	<b>Usos</b>	1,884,269.99	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36
	Inversión Fija	1,199,488.91										
	Inversión Diferida	267,529.56										
	Capital de Trabajo	417,251.52										
	Amortización		151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36	151,508.36
<b>3</b>	<b>Flujo Financiero Actual (1-2)</b>		260,963.07	287,190.75	313,039.57	337,543.05	357,363.43	394,467.50	414,908.12	432,084.31	446,415.65	1,134,082.42
<b>4</b>	<b>Flujo Financiero Acumulado</b>		260,963.07	548,153.83	861,193.40	1,198,736.45	1,556,099.88	1,950,567.38	2,365,475.50	2,797,559.81	3,243,975.46	4,378,057.88

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 16**  
**FLUJO NETO FINANCIERO (\$us)**

N	DETALLE	Instalación	FLUJO NETO FINANCIERO (\$us)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Flujo ajustado de Inversión	369 186,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Flujo Económico Actual		260 963,07	287 190,75	313 039,57	337 543,05	357 363,43	394 467,50	414 908,12	432 084,31	446 415,65	1 134 082,42
3	Flujo Neto Económico	369 186,36	260 963,07	287 190,75	313 039,57	337 543,05	357 363,43	394 467,50	414 908,12	432 084,31	446 415,65	1 134 082,42

Fuente: Elaboración propia, 2017

**AI - 17**

**VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO (\$us)**

$$\text{VANF}(\%) = - \frac{\text{FN}_0}{(1+i)^0} + \frac{\text{FN}_1}{(1+i)^1} + \frac{\text{FN}_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{FN}_n}{(1+i)^n}$$

$$\begin{aligned} \text{VANF}(7\%) = & - \frac{369\,186,36}{(1+0,07)^0} + \frac{260\,963,07}{(1+0,07)^1} + \frac{287\,190,75}{(1+0,07)^2} + \frac{313\,039,57}{(1+0,07)^3} + \frac{337\,543,05}{(1+0,07)^4} + \frac{357\,363,43}{(1+0,07)^5} \\ & + \frac{394\,467,50}{(1+0,07)^6} + \frac{414\,908,12}{(1+0,07)^7} + \frac{432\,084,31}{(1+0,07)^8} + \frac{446\,415,65}{(1+0,07)^9} + \frac{1\,134\,082,42}{(1+0,07)^{10}} \end{aligned}$$

$$\text{VANF}(7\%) = \mathbf{2\,485\,428,40 \text{ \$us}}$$

**Tabla AI – 18**  
**VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO ÚLTIMO POSITIVO (\$us)**

<b>CALCULO DEL VAN ECONOMICO ULTIMO POSITIVO</b>											
<b>Flujo Económico</b>	<b>FN<sub>0</sub></b>	<b>FN<sub>1</sub></b>	<b>FN<sub>2</sub></b>	<b>FN<sub>3</sub></b>	<b>FN<sub>4</sub></b>	<b>FN<sub>5</sub></b>	<b>FN<sub>6</sub></b>	<b>FN<sub>7</sub></b>	<b>FN<sub>8</sub></b>	<b>FN<sub>9</sub></b>	<b>FN<sub>10</sub></b>
	1 778 214,14	327 856,03	279 070,54	236 491,03	199 229,45	165 878,30	142 429,25	118 230,11	97 465,77	79 896,14	137 754,57
<b>Valor actual neto económico último positivo VANE = 25%</b>	<b>6 087,05 \$us</b>										

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 19**  
**VALOR ACTUAL NETO ECONOMICO PRIMER NEGATIVO (\$us)**

<b>CALCULO DEL VAN ECONOMICO PRIMER NEGATIVO</b>											
<b>Flujo Económico</b>	<b>FN<sub>0</sub></b>	<b>FN<sub>1</sub></b>	<b>FN<sub>2</sub></b>	<b>FN<sub>3</sub></b>	<b>FN<sub>4</sub></b>	<b>FN<sub>5</sub></b>	<b>FN<sub>6</sub></b>	<b>FN<sub>7</sub></b>	<b>FN<sub>8</sub></b>	<b>FN<sub>9</sub></b>	<b>FN<sub>10</sub></b>
	1 778 214,14	325 254,00	274 658,43	230 904,86	192 979,60	159 399,49	135 780,06	111 816,11	91 446,67	74 367,13	127 203,98
<b>Valor actual neto económico último positivo VANF = 26%</b>	<b>- 54 403,83 \$us</b>										

Fuente: Elaboración propia, 2017

**AI - 20**

**TASA INTERNA DE RETORNO ECONOMICO (\$us)**

$$\text{TIRE} = i_1 + (i_2 - i_1) \left[ \frac{\text{VANE}_1}{\text{VANE}_1 + \text{VANE}_2} \right]$$

$$\text{TIRE} = 25 + (26 - 25) \left[ \frac{6\,087,05}{6\,087,05 + 54\,403,83} \right]$$

**TIRF = 25,10 %**

**Tabla AI – 21**  
**VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO ÚLTIMO POSITIVO (\$us)**

<b>CALCULO DEL VAN ECONOMICO ULTIMO POSITIVO</b>											
<b>Flujo Económico</b>	<b>FN<sub>0</sub></b>	<b>FN<sub>1</sub></b>	<b>FN<sub>2</sub></b>	<b>FN<sub>3</sub></b>	<b>FN<sub>4</sub></b>	<b>FN<sub>5</sub></b>	<b>FN<sub>6</sub></b>	<b>FN<sub>7</sub></b>	<b>FN<sub>8</sub></b>	<b>FN<sub>9</sub></b>	<b>FN<sub>10</sub></b>
	369 186,36	145 789,43	89 632,27	54 580,83	32 878,88	19 446,66	11 992,04	7 046,62	4 099,63	2 366,26	3 358,26
<b>Valor actual neto económico último positivo VANE = 79%</b>	<b>2 004,51 \$us</b>										

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla AI – 22**  
**VALOR ACTUAL NETO FINANCIERO PRIMER NEGATIVO (\$us)**

<b>CALCULO DEL VAN ECONOMICO PRIMER NEGATIVO</b>											
<b>Flujo Económico</b>	<b>FN<sub>0</sub></b>	<b>FN<sub>1</sub></b>	<b>FN<sub>2</sub></b>	<b>FN<sub>3</sub></b>	<b>FN<sub>4</sub></b>	<b>FN<sub>5</sub></b>	<b>FN<sub>6</sub></b>	<b>FN<sub>7</sub></b>	<b>FN<sub>8</sub></b>	<b>FN<sub>9</sub></b>	<b>FN<sub>10</sub></b>
	369 186,36	144 979,48	88 639,12	53 676,20	32 154,31	18 912,44	11 597,82	6 777,11	3 920,92	2 250,54	3 176,29
<b>Valor actual neto económico último positivo VANF = 80%</b>	<b>- 3 102,13 \$us</b>										

Fuente: Elaboración propia, 2017

**AI - 23**

**TASA INTERNA DE RETORNO FINANCIERO (\$us)**

$$\text{TIRF} = i_1 + (i_2 - i_1) \left[ \frac{\text{VANF}_1}{\text{VANF}_1 + \text{VANF}_2} \right]$$

$$\text{TIRF} = 79 + (80 - 79) \left[ \frac{2\,004,51}{2\,004,51 + 3\,102,13} \right]$$

$$\text{TIRF} = 79,39$$

**Tabla AI – 24**  
**FLUJO NETO PROMEDIO ANUAL**

<b>FLUJO NETO PROMEDIO ANUAL</b>												
<b>Años de vida Útil</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>TOTAL \$us</b>
Inversión Total \$us	1 884 269,99											1 884 269,99
Flujo neto		260 963,07	287 190,75	313 039,57	337 543,05	357 363,43	394 467,50	414 908,12	432 084,31	446 415,65	1 134 082,42	4 378 057,88

Fuente: Elaboración propia, 2017

$$\text{Flujo neto promedio anual} = \frac{4\,378\,057,88 \text{ $us}}{10 \text{ años}}$$

$$\text{Flujo neto promedio anual} = \frac{437\,805,79 \text{ $us}}{10 \text{ años}}$$

$$\text{Flujo neto promedio anual} = 437,805.79 \text{ $us/años}$$

$$P_{\text{recuperacion capital}} = \frac{1\,884\,269,99 \text{ $us}}{437,805.79 \text{ $us/años}}$$

$$P_{\text{recuperacion capital}} = 4,30 \text{ años}$$

**Tabla AI – 25**  
**RELACION BENEFICIO COSTO (\$us)**

<b>RELACION BENEFICIO COSTO (\$us)</b>			
<b>N</b>	<b>INVERSION (\$us)</b>	<b>INGRESOS (\$us)</b>	<b>COSTOS (\$us)</b>
<b>0</b>	<b>1 884 269,99</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
1	0,00	1 296 976,94	936 092,91
2	0,00	1 364 410,58	968 556,31
3	0,00	1 435 626,10	1 005 306,74
4	0,00	1 510 003,20	1 047 012,53
5	0,00	1 588 522,37	1 099 104,52
6	0,00	1 692 044,41	1 153 154,48
7	0,00	1 780 367,81	1 214 223,72
8	0,00	1 872 610,42	1 283 564,74
9	0,00	1 969 965,40	1 361 811,26
10	0,00	2 072 401,65	1 450 343,29

<b>∑I</b>	11 311 439,38
<b>∑C</b>	7 873 480,19
<b>∑C + Inversión</b>	9 757 750,18

<b>B/C (\$us)</b>	1,16
-------------------	------

### 1. INFORMACION DEL CLIENTE

Cotización para: Sr Carlos Cortez

Cotización Desde: Lydia Liu

### 2. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

- 1)- Nombre o tipo de la materia triturar: Rocas Cuarzitas
- 2)- Tamaño del alimentación: 25 – 40 cm
- 3)- Tamaño del producto final: 200 Mesh
- 4)- Capacidad requerida: 70 t/ día

### 3. LISTA DE PRECIO

Item	Producto	Modelo	Cantidad	Potencia (kw)	Valor unitario (USD)	Valor final (USD)	Nota
1	Alimentador vibratorio	GZD-180 x80	1 set	2x1.5	3870	3870	
2	Trituradora de mandíbula	PE-250x400	1 set	15	5320	5320	Incluye motor
3	Molino de bolas	MQG1830x6400	1 set	210	56450	56450	No incluye bolas
	Bolas		11 toneladas	--	1370	15070	Bolas de cerámica
4	Elevador de cangilones	T210x13 m	1 set	5.5	5320	5320	
5	Clasificador	KX500	1 set	11+30	18225	18225	Incluye ventilador
6	Filtro de pulsación	DMC36	1 set	2.2+0.75	4510	4510	
7	Fajas transportadoras	B500x9 M	1 set	3	3080	3080	
		B500x8 M	1 set	3	2740	2740	
8	Transportadora espiral	LS200x15.5M	1 set	7.5	5320	5320	
9	Separador magnético	--	1 set	--	1200	1200	
10	Gabinete eléctrico	--	1 set	301.95	5320	5320	



Total FOB Shanghai Precio

130455

## TÉRMINOS Y CONDICIONES

- 1 Este precio es FOB [REDACTED]. Incluye el gasto de envase, todos motores, también es CIF precio.
- 2 Medios de pago: 30% del monto total se pagará por (T/T) después de firmar el contrato de compraventa, el resto 70% se pagará por TT o LC Irrevocable antes de que las máquinas salgan de la fábrica.  
También se puede usar 100% Carta de Crédito Irrevocable a la vista.
- 3 Tiempo de preparación de mercancía: La mercancía se necesita estar lista para despacho en 30 días después de recibir el depósito/LC, excluyendo el tiempo para esperar el embarque. Si hay un retraso causado por vendedor, 3% del total debe ser pagado al comprador por cada día, pero este monto no excederá el monto de depósito. Si el retraso es causado por el comprador, 3% del total será pagado al vendedor por cada día pero este monto no excederá el 10% del valor de las máquinas.
- 4 Garantía de calidad: La máquina será 100% nueva completa. El periodo de la garantía del equipo es de 12 meses a partir de la fecha de instalación y prueba en las instalaciones del comprador, pero no más de 24 meses a partir de la fecha de envío, excepto las piezas de desgaste.
- 5 Validez: El periodo de validez para esta cotización es 30 días.

## SERVICIO TÉCNICO

- 1 Diseñamos el programa gratis a clientes según las condiciones locales.
- 2 Documentación técnica: durante los 7 días después de recibir el depósito, el vendedor proporcionará las instrucciones de operación y todo lo relativo al dibujo.
- 3 Antes de entregar el equipo, el vendedor puede modificar el programa o diseño anterior según el requerimiento del comprador.
- 4 Durante la instalación y puesta en marcha, el vendedor puede enviar técnicos a la planta del comprador para guiar la instalación y entrenar al trabajador local para la operación de la máquina.
- 5 El comprador debe pagar el costo de tiquete de avión de ida y vuelta, de alojamiento, además, el salario del técnico es 200usd por cada día.
- 6 Si el fallo del equipo es causado por el comprador, el vendedor puede ayudarlo a reparar y cambiar, cobra solamente el precio de costo.
- 7 Después de la garantía de calidad, el vendedor puede ofrecer el servicio y repuesto con el

mejor precio.

5.8 El vendedor puede ofrecer el servicio de consulta y verificación de otras máquinas al comprador por gratis, especialmente las máquinas acercan de esta industria.

## 6 PARÁMETROS TÉCNICOS

### 6.1 Alimentador vibratorio



#### Característica

##### Grate

Es ajustable de acuerdo con la placa trasera requisito, es extraíble para facilitar el mantenimiento y alargar su vida útil.

##### Engranaje

De alta resistencia y funcionamiento estable

##### Motor

Pueden elegir marca Siemens

#### Monitor de la cantidad de aceite

Los clientes pueden comprobar la posición del aceite lubricante

Modelo	Max. Tamaño de alimentación (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia (kw)	Angulo de instalación (°)	Tamaño de funnel (mm)	Peso (t)	Dimensiones (mm)
GZD180x80	300	30-80	2x1.5	0-10	1800x800	0.8	1907x964x890

### 6.2 Trituradora de mandíbula



#### Característica

##### Estructura compacta y diseño único

Estructura de la cabeza de la mandíbula única y perfecta estanquidad alargan rodamientos de diseño de servicios life. Unique volante reduce el impacto de la máquina para garantizar un funcionamiento estable.

#### Dispositivo de ajuste del puerto de descarga

descarga de tipo de dispositivo de ajuste de puerto espaciador se aumenta amplia gama muy fiable de ajustar la flexibilidad de la máquina.

### Efficiente y larga vida útil

Trituración cavidad profunda ningún rincón sin salida. rango de tamaño de entrada y la capacidad se incrementan; radio grande de trituración del producto final, incluso el nuevo diseño aceite de vías puede coincidir con la bomba de aceite más fácil y efectivo funcionamiento.

### Moldeada monobloque y alto factor de seguridad

La adopción de fundición monobloque y el montaje y la nueva tecnología podría hacer que se acople perfectamente con bastidor se incrementa la resistencia radial.

Modelo	PE250x400
Abertura de alimentación (mm)	250x400
Max tamaño de alimentación (mm)	210
Tamaño ajustable de descarga (mm)	20-60
Capacidad (t/h)	5-20
Potencia (kw)	15
Peso (t)	2.8
Dimensión (mm)	1160x1300x1240

### 6.3 Molino de bolas



#### Característica

##### Puerto de descarga

Razonable diseño de puerto de descarga de-plancha separador podría establecer de acuerdo a los requerimientos del cliente

##### Tablero de revestimiento

Placa de acero de alto manganeso es más resistente al

desgaste y tiene una vida útil más larga.

#### Engranaje

Piñon impulsa el volante girando

Modelo	Velocidad (r/min)	Carga de bolas (t)	Tamaño de alimentación (mm)	Tamaño de descarga (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia (kw)	Peso (t)
MQG183 0x6400	24.1	21	≤25	48-200	7-12	210	32.3

#### 4 Faja transportadora



##### Característica

##### Rodillo

El rodillo es la parte principal de la transportadora.

##### Carrier Rodillo

Control horizontal posición; reduce el impacto de material.

##### Ingranaje tensor

Transportador de cinta conseguir la tensión para evitar el deslizamiento; deflexión está en control.

##### Alta capacidad

Buena calidad de fajas; gran ángulo de inclinación

Ancho de faja	Largo (m)/ potencia (kw)	Velocidad (m/s)	Capacidad (t/h)
500	≤12/3	0.8-2	78-191





