

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

**MODERNIZACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE  
MATERIA PRIMA DESCARTADA EN CANTERAS SOBOCE EL PUENTE**

**Por:**

**JOSE ROBERTO CHOQUEVILCA ABAN**

**Modalidad de graduación: Proyecto de grado: AMPLIACION,  
OPTIMIZACION Y/O MODERNIZACION DE PLANTAS  
INDUSTRIALES EXISTENTES presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como  
requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería  
Química.**

**Julio de 2014**

**TARIJA-BOLIVIA**

Este trabajo lo dedico a mis Padres quienes con su ejemplo y valores de vida hicieron que culmine esta etapa de mi formación como persona. También a mi familia quienes han soportado la consecuencia de la meta trazada.

Agradecido siempre a Dios, a mis padres a mi esposa e hijo, al apoyo incondicional de mis hermanos, a los Docentes de la universidad por la transmisión de su sabiduría y amigos en la fábrica de Cemento El Puente.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1.	Antecedentes.....	7
2.	Objetivos.....	13
2.1.	Objetivo General.....	13
2.2.	Objetivo Específico.....	13
3.	Justificación.....	14
3.1.	Características Geológicas de la cantera.....	17
3.1.1	Sub Miembro 1(SM1).....	17
3.1.2.	Sub Miembro 2 (SM2).....	18
3.1.3.	Sub Miembro 3 (SM3).....	20
3.1.4.	Sub Miembro 4 (SM4).....	21
3.1.5.	Sub Miembro 5 (SM5).....	22
3.2.	Justificación Técnica.....	23
3.3.	Justificación Económica.....	25
3.4.	Justificación Ambiental.....	27
3.5.	Justificación Personal.....	29

### CAPÍTULO I

4.	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.....	33
4.1.	Generalidades.....	33
4.2.	Características químicas de la cantera.....	42
4.2.1.	Sub Miembro 1 (SM1).....	42

4.2.2.	Sub Miembro 2 (SM2).....	42
4.2.3.	Sub Miembro 3 (SM3).....	42
4.2.4.	Sub Miembro 4 (SM4).....	43
4.2.5.	Sub Miembro 5 (SM5).....	43
4.3.	Localización de la Planta.....	43

## CAPÍTULO II

5.	CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	50
5.1.	Descripción de alternativas técnicas de solución.....	53
5.2.	Técnicas de triturado existentes.....	55
5.3.	Selección de la trituradora más conveniente para el proyecto.....	68

## CAPÍTULO III

6.	BALANCE DE MATERIA.....	73
6.1.	Comparación de los Procesos de explotación de cantera El Puente, actual y propuesto.....	80
6.2.	Dimensionamiento y selección de los equipos necesarios.....	83
6.3.	Especificación y diseño del equipo seleccionado.....	84

## CAPÍTULO IV

7.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	86
7.1.	Cálculo de costo de equipo nuevo.....	86
7.2.	Costo Operativo.....	87
7.3.	Indicadores de evaluación.....	89

## CAPÍTULO V

8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
9.	Bibliografía.....	91

### Índice de Cuadros y/o Tablas

Tabla 1.1.1.	Fases de explotación cantera de SOBOCE en El Puente.....	9
Tabla 3.3.1.	Análisis químico de caliza de sub miembro 2 por número de malla o granulometría.....	26
Tabla 3.5.1.	Prueba de resistencia del hormigón. Hormigón con caliza de descarte triturada frente a hormigón de Ready Mix Tarija.....	30
Tabla 3.5.2.	Diámetro de partícula utilizado para la formación de hormigón más conocido por agregados de hormigón.....	31
Tabla 4.1.1.	Actividad actual de canteras El Puente cliente y proveedor.....	36
Tabla 4.1.2.	Composición química (en%) de rocas calcáreas y arcillosas.....	40
Tabla 4.3.1.	Distribución y ubicación de ambientes de la actividad de explotación en la Cantera de SOBOCE en la comunidad El Puente.....	45
Tabla 4.3.2.	Etapas de operación de la actividad de explotación de Canteras de SOBOCE en El Puente.....	47
Tabla 5.1.	Dosificación ideal planeada para la harina que entrará al horno.....	51
Tabla 5.1.2.	Composición química real del crudo.....	52
Tabla 5.2.1.	Tipos principales de trituradoras.....	59
Tabla 5.2.2.	Tipos principales de trituradoras (continuación).....	63
Tabla 6.1.	Resumen de alturas en metros de materia prima con todos los sub miembros existentes en canteras El Puente pertenecientes a SOBOCE.....	75

Tabla 6.2. Disgregación de material de descarte.....	75
Tabla 6.3. Resumen de datos considerados para el cálculo .....	76
Tabla 6.4. Consolidado de la materia prima para extraer de canteras El Puente perteneciente a SOBOCE.....	77
Tabla 7.1.1. Costo financiero por la adquisición y montaje del equipo.....	86
Tabla 7.2.1. Gastos de producción anual del equipo triturador móvil.....	87
Tabla 7.2.2. Costo en un periodo de sistema de gestión integrada.....	87
Tabla 7.2.3. Costo de mano de obra en un periodo equivalente a un año.....	88
Tabla 7.2.4. Inversión total y financiamiento.....	88
Tabla 7.3.1. Tabla de cálculo del flujo de caja VAN y la TIR.....	89

### Índice de Figuras

Figura 3.1. Representación gráfica de la formación geológica de canteras El Puente.....	17
Figura 3.1.1. Caliza de Sub miembro 2.....	18
Figura 3.1.2. Caliza basal Sub miembro 1 suprayacendo al sub miembro 2.....	19
Figura 3.1.3. Caliza con elevado contenido de óxido de calcio.....	20
Figura 3.1.4. Caliza del Sub miembro 3.....	21
Figura 3.1.5. Caliza del Sub miembro 4.....	22
Figura 3.1.6. Caliza del Sub miembro 5.....	23
Figura 3.2.1. Esquema gráfico formación geológica cantera de SOBOCE.....	24
Figura 3.4.1. Caliza descartada por Caliza explotada.....	28
Figura 4.1.1. Estructura organizativa del personal de Planta y Cantera El Puente.....	33
Figura 4.1.2. Personal involucrado con el tratamiento de materia prima.....	34

Figura 4.1.3.	Pared Oriental Principal de Cantera SOBOCE El Puente.....	38
Figura 4.3.1.	Fotografía satelital de la actividad. ....	44
Figura 5.1.1.	Fotografía satelital de la actividad propuesta.....	55
Figura 5.3.1.	Planta de trituración fija con tolva de alimentación.....	69
Figura 5.3.2.	Planta móvil de trituración montado sobre orugas.....	71
Figura 5.3.3.	Cribadora.....	72
Figura 6.1.	Esquema del balance de materia.....	78
Figura 6.1.1.	Diagrama de flujo de la actividad de la explotación actual.....	81
Figura 6.1.2.	Diagrama de flujo de la actividad de la explotación propuesta.....	82

### **Nomina de Anexos**

Anexo A	Hornogramas de Planta cementera El Puente
Anexo B	Programa de producción SOBOCE El Puente
Anexo C	Cuadro general de resumen de cálculos de evaluación financiera
Anexo D	Cantidades y costos de producción sin proyecto