



**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE MINAS**

# Proyecto Técnico-Económico para la optimización de las galerías de producción y desarrollo de la mina El Paraíso, de Curanilahue

**Autor: Jerameel Andre Gutiérrez Stuardo.**

**Agosto-2017  
Concepción-Chile**





UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE MINAS

# Proyecto Técnico-Económico para la optimización de las galerías de producción y desarrollo de la mina El Paraíso, de Curanilahue

Trabajo de titulación en conformidad a los requisitos para obtener el Título de  
Ingeniero en Minas

Profesor: Alejandro Hernán Ramírez González  
5.988.584-7

Autor: Jerameel Andre Gutiérrez Stuardo.  
17.097.662-2

**Agosto-2017**  
**Concepción-Chile**

## AGRADECIMIENTOS

Primero me parece adecuado agradecer a Dios, por darme salud y sabiduría para concretar hoy este anhelo de estudios superiores.

En segundo lugar quiero dar las gracias a Jocelin Mella, madre de mi hijo Vicente que viene en camino, quien con paciencia y amor me ha acompañado en este proceso universitario, del mismo modo doy gracias a mi madre Nancy Stuardo por su apoyo incondicional y ejemplo de fortaleza, a mi abuelo Carlos Stuardo (Q.E.P.D.) y mi abuelita Rita Morales, quienes me guiaron con rectitud, disciplina, sentido de la responsabilidad y fuertes valores que hoy en día me hacen posible completar esta etapa.

En tercer lugar al cuerpo docente de la universidad, los cuales con pasión profesional lograron transmitir sus sólidos conocimientos hacia mi persona.

Finalmente a cada uno de mis familiares y amigos, que me brindó una cálida palabra de aliento, de ánimo, de no rendirse y en algunos casos colaboró con su propio tiempo para aportar a mi educación y aquí me detengo para hacer mención a la “Gloriosa Partida de Salvataje de Talcahuano” mi cuna profesional y hogar de Hombres de Honor.

## **RESUMEN**

Es de conocimiento general que la minería del carbón fue referente en la región del Bío-Bío, en aspectos de empleabilidad y aporte económico, sin embargo en abril de 1997 cuando la Empresa Nacional del Carbón decide cerrar la mina de Lota es cuando se da inicio al declive de la minería en la región, ahora bien, el estado ha impulsado a través del plan “carbón 2.0” (desde 2010 hasta la fecha actual), una serie de ayudas e incentivos principalmente hacia el ámbito de la seguridad y regularización de las pertenencias, las cuales entregan empleo a más de 1200 personas hoy en día.

Sin embargo como en toda industria se hace imprescindible el hacerla más eficiente y aumentar la producción, siendo este tema el responsable de hacer posible que en el futuro se concrete el aumento de producción nacional y sea posible estar a nivel de satisfacer la demanda nacional propiamente tal, la cual hoy en día solo da lugar al mercado del carbón nacional en un 10 %.

## **SUMMARY**

It is common knowledge that coal mining was a benchmark in the Bío-Bío region in aspects of employability and economic contribution, however in april 1997 when the National Coal Company decides to close the lot's mine is when it starts decline of mining in the region, but the state has been pushing through the "coal 2.0" plan (since 2010 to current date), a series of aids and incentives mainly to the field of security and regularization of belongings, which provide employment to over 1200 people today.

However, as in any industry, it is essential to make it more efficient and increase production, this being the issue responsible for making it possible in the future to increase the national production and to be able to meet the national demand itself, which today only gives rise to the national coal market by 10%.

## TEMARIO

CAPITULO I .....	1
1.1 OBJETIVOS .....	1
1.1.1 Objetivo general:.....	1
1.1.2 Objetivo específicos:.....	1
CAPITULO II .....	2
2.1 INTRODUCCIÓN .....	2
CAPITULO III .....	3
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROLEMA .....	3
CAPITULO IV .....	4
4.1 METODOLOGÍA .....	4
CAPITULO V .....	6
5.1 ANTECEDENTES GENERALES .....	6
5.1.1 Antecedentes de la industria.....	6
5.1.2 Antecedentes de la empresa .....	7
CAPITULO VI .....	8
6.1 MARCO TEÓRICO .....	8
6.1.1 Evolución histórica del carbón. ....	9
6.1.2 Situación nacional de la extracción de carbón en chile.....	11
6.1.3 Situación otras regiones .....	12
6.1.4 Zona de extracción mina “El Paraíso” .....	13
6.1.5 Uso del carbón.....	14
6.1.6 Métodos de extracción.....	15
6.1.7 Ciclo de vida del carbón.....	17
6.1.8 Fases en la optimización de los procesos operacionales. ....	19
6.1.8.1 Fase de planificación: .....	19
CAPITULO VII .....	20
7.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	20
7.1.1 Descripción del proyecto.....	20
7.1.2 Ubicación del proyecto.....	21
7.1.3 Definición de los productos.....	22

7.1.4 Producto generado .....	22
7.1.5 Proceso extractivo .....	22
7.1.6 Planta de proceso .....	23
7.1.6.1 Cargador .....	23
7.1.6.2 Transporte .....	23
CAPITULO VIII .....	24
8.1 DESARROLLO DEL PROYECTO .....	24
8.1.1 Condiciones en la operación .....	24
8.1.2 Extracción del carbón .....	25
8.1.3 Transporte del material .....	25
8.1.4 Flujo de transporte del material .....	25
8.1.5 Desglose del tiempo. ....	26
8.1.6 Perdidas por caída de mineral: .....	26
8.1.7 Producción actual mensual: .....	26
8.1.8 Costos de producción mensual: .....	27
8.1.9 Normas y guías de construcción .....	27
8.2 SOLUCIÓN PLANTEADA .....	28
8.2.1 Corrección arquitectura de galerías: .....	29
8.2.2 Fortificación: .....	29
8.2.3 Corrección en inclinación irregular: .....	29
8.2.4 Acuñadura .....	30
8.2.5 Adquisición maquinaria .....	30
8.2.6 Apertura nuevos frentes de explotación .....	30
CAPITULO IX .....	31
9.1 ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO .....	31
9.1.2 Mano de obra .....	31
9.2 COSTOS POR LABORES .....	31
9.3 COSTOS DE OPTIMIZACIÓN .....	33
9.3.1 Corrección arquitectura de galerías .....	33
9.3.2 Corrección en inclinación .....	33
9.3.3 Adquisición de maquinaria .....	34



9.3.4	Compilado de equipos cotizados .....	38
9.3.5	Apertura frentes de explotación .....	38
9.3.6	Costos generales correcciones.....	38
9.3.7	Nueva producción presupuestada .....	38
9.3.8	Costos nueva producción .....	39
9.3.9	Estado de resultados .....	39
9.3.10	Recuperación de la inversión.....	39
CAPITULO X.....		40
10.1	CONCLUSIÓN .....	40
10.2	TERMINOLOGÍA.....	41
10.3	BIBLIOGRAFÍA .....	43
10.4	ANEXOS .....	44
10.5	TABLAS .....	51

# CAPITULO I

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo general:

- Desarrollar un estudio Técnico - Económico para determinar la factibilidad de la Optimización que haya que realizar en la Mina “El Paraíso”, y si la Operación futura las sustenta con sus beneficios.

### 1.1.2 Objetivo específicos:

- Analizar las condiciones actuales de las galerías de la mina “El Paraíso”.
- Definir las pérdidas de utilidades producto de la mala geometría y estado de las galerías.
- Analizar estratégicamente los costos de implementación de la solución descrita en el estudio.
- Determinar las soluciones a implementar y plan de acción objeto recuperar las galerías de acceso y explotación de acuerdo a las máquinas y equipos utilizados, como también el acceso de personal y de insumos de la explotación.

## **CAPITULO II**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Vivimos en una época en donde se busca la eficiencia con el objeto de hacer un uso adecuado de los recursos y obtener el máximo beneficio de estos, la minería del carbón, y en específico la mina “El Paraíso” no es la excepción, para lo cual es necesario conocer el rendimiento de las maquinarias y personal involucrados en el ciclo minero, bajo las condiciones operacionales reales e ideales de las galerías horizontales e inclinadas al interior de la mina. Galerías muy inclinadas, con alteraciones continuas de su línea de desplazamiento solo provocan caídas notables en la productividad. Este es el caso de la mina “El Paraíso”.

Actualmente las pequeñas minas no invierten en estudios técnicos para mejorar su producción, si bien están comenzando con tener legalmente constituidas sus empresas mineras, obvian o dejan de lado una parte igual de importante como lo es el saber que tan buen uso hacen de sus recursos tecnológicos, logísticos, y si aprovechan todas esas oportunidades de crecimiento y expansión.

Este estudio, abarcará la cadena productiva del negocio, principalmente el ciclo productivo, lo que permitirá analizar la situación actual, teniendo como objetivo aquellas falencias que restan valor económico a la empresa y que se relacionan con la arquitectura y funcionalidad de galerías.

## **CAPITULO III**

### **3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROLEMA**

Al realizar una serie de visitas a terreno en la mina “El Paraíso” se evidenció el deterioro en la arquitectura de galerías y en la discontinua inclinación en una galería, lo cual se debe a factores geológicos, mala calidad del macizo rocoso y deficiente mantención, entre otros, dichas fallencias estructurales no solo representan un riesgo para el personal, sino más bien afecta directamente a la producción de la mina, razón por la cual se pretende realizar un estudio técnico-económico para presentar una solución económicamente rentable y que a la vez presente un aumento en la producción. Para lograr estudiar las variables presentes en esta mina, es necesario efectuar un análisis completo de las condiciones en las que se realizan las actividades en el interior de la mina.

## CAPITULO IV

### 4.1 METODOLOGÍA

La metodología a utilizar será de carácter deductivo – inductivo y explicativo. El presente estudio se caracteriza por tratarse de un trabajo teórico – práctico que concentrará en visitas a terreno, como también en recopilación de información en forma documental, vía bibliográfica e información de la web.

La metodología que se utilizara para la realización de este proyecto será:

- Recopilación de datos. Se comenzara reuniendo información sobre infraestructura y del ciclo actual de la operación en la mina “El Paraíso”, a través de visitas en terreno.
- En primer lugar se procederá a efectuar un análisis minucioso de las condiciones actuales de la empresa, esto es:
  - ❖ Análisis de proceso extractivo y de desarrollo.
  - ❖ Sistema de extracción.
  - ❖ Análisis de equipos y maquinarias de la mina.
  - ❖ Arquitectura de galerías.
  - ❖ Análisis de ciclo de transporte desde el frente, hasta el lugar de acopio.
- Clasificación y descripción. A través de la recopilación bibliográfica, DS N° 134, Título XV sobre “normas de seguridad minera aplicable a faenas mineras bajo 5000 toneladas/mensuales” e información recogida desde internet podremos analizar diseños para las galerías y vincularlas a los grados de eficiencia óptimos respecto a la maquinaria y al personal utilizado en esta mina.
- Descripción del proceso de optimización. En esta etapa se describirá los aspectos técnicos y económicos de la solución encontrada y su factibilidad de ser utilizada en la mina “El Paraíso”.

- Una vez efectuado todos los análisis y aforos necesarios, se procederá a calcular las unidades de producción de la empresa, la cual será nuestra base para cuantificar las mejoras esperadas
- A través del análisis del ciclo extractivo, se identificarán aquellas labores que le restan valor a la empresa desde el punto de vista operativo y se procederá a optimizarlas para construir actividades que sumen valor al ciclo productivo.
- Beneficios. Cuantificación de los beneficios económicos que se obtendrán resultado de la implementación estudiada, versus los costos de oportunidad al no realizar cambio alguno.
- Se calculará la nueva producción, y se verificará que sea mayor a la producción existente.

## CAPITULO V

### 5.1 ANTECEDENTES GENERALES

#### 5.1.1 Antecedentes de la industria

El carbón mantendrá su vitalidad, crecerá su demanda y seguirá siendo un recurso energético geológico necesario y potente esto se debe a que actualmente el mercado nacional demanda seis millones de toneladas anuales, las que se destinan principalmente a centrales termoeléctricas. El 90% del carbón se importa desde países como Indonesia, Australia y Colombia, y el resto se produce en el país.

El informe recursos energéticos geológicos no tradicionales, hecho por especialistas del Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA), señala que en Chile se conocen secuencias carboníferas de diferentes edades y características; sin embargo, desde un punto de vista económico, destacan de norte a sur tres cuencas.

Están las denominadas cuencas de Arauco-Concepción, Valdivia-Osorno y Magallanes, las cuales se pueden apreciar en el Anexo N°1. Los carbones de la primera de ellas son bituminosos y su edad es eocena; los de las cuencas de Valdivia-Osorno y Magallanes (Formación Loreto) son sub-bituminosos y se asignan al lapso oligoceno-mioceno.

Cabe señalar que algunos de los pequeños mineros de la cuenca de Arauco-Concepción desde principios del 2016 ya están vendiendo la totalidad de su producción de carbón fino a ENDESA, <sup>[1]</sup> producto de un acuerdo que establece la adquisición de doce mil toneladas de carbón fino anuales a pequeños productores, asegurando la empleabilidad de 470 personas aproximadamente, según cifras entregadas por Sernageomin.

---

[1] Bío-Bío noticias, artículo “Endesa comenzó a comprar carbón fino a pirquineros de la provincia de Arauco”, por Carlos Villavicencio (04-08-16).

### **5.1.2 Antecedentes de la empresa**

La empresa se ubica en el sector Pilpilco, en la comuna de Los Álamos, donde trabajan 64 trabajadores, con labores en dos turnos de 7.5 hrs. c/u y trabajando 6 días a la semana (de lunes a sábado), la mina comenzó a operar el 02 de agosto de 2011 en labores extractivas en el ámbito del carbón, que comercializa a su clientes la empresa IANSA S.A. y SOPROCAL S.A., cuentan además con una planta de lavados ubicada en Curanilahue, la cual es una sociedad con otras empresas mineras de la zona de Lebu. Su dueño es Don Benedicto Huenchuleo Chávez RUT.: 9.863.297-2.



## CAPITULO VI

### 6.1 MARCO TEÓRICO

El carbón o carbón mineral se define como una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono y con cantidades variables de otros elementos, principalmente hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno, utilizada como combustible fósil [2]. La mayor parte del carbón se formó durante el período carbonífero (hace 359 a 299 millones de años). Es un recurso no renovable. Hoy en día tiene valor económico dado a que la demanda de este mineral es elevada en nuestro país y esta demanda seis millones de toneladas y se ve satisfecha en un 90% por carbón importado lo cual deja un 10% a disposición de los productores nacionales, las variables que definen al carbón que se tranzan en el mercado nacional son su granulometría y poder calorífico, porcentaje de contaminantes, porcentaje de humedad, porcentaje de hidrogeno y azufre, variables que según sea los requerimientos de las empresas demandantes tendrán mayor o menor incidencia en las decisiones de adquisición, finalmente para el empresario minero serán los costos de producción, profundidad del manto y espesor de este, factores decisivos para determinar el ratio (si el beneficio supera los costos de extracción), y llevar a cabo la explotación.

Clasificación EE.UU.: ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), son quienes plantean una tabla que se basa en el porcentaje de materias volátiles para el carbón de máxima calidad y en el poder calorífico superior (PCS) para los otros, como se aprecia en la **Tabla N°1**

---

[2] Recursos energéticos no renovables, Educar Chile.cl

### **6.1.1 Evolución histórica del carbón.**

La invención de la máquina a vapor, a finales del siglo XVIII, permitió una transformación eficiente de energía calórica en energía mecánica. A nivel mundial, el uso del vapor generado con carbón se difundió durante el siglo XIX, en un contexto de expansión de la industria y de los sistemas de transporte. Ello significó un importante incremento de la demanda mundial de este energético.

Aunque existen antiguos documentos chinos que evidencian la explotación de carbón en el siglo XI A.C, las primeras explotaciones industriales de yacimientos carboníferos datan del siglo XII D.C. La introducción del ladrillo refractario y su uso en chimeneas convierten al carbón en el combustible por excelencia del siglo XVIII. Esta creciente demanda obliga una evolución en las técnicas de explotación, donde las ciencias de la ingeniería tuvieron un importante papel.

La revolución industrial, la máquina de vapor y la producción de acero consolidan al carbón como principal fuente de energía. Con la II Guerra Mundial comienza un paulatino desplazamiento del carbón por otras fuentes energéticas, principalmente petróleo y gas natural. Hasta la década del 70, el mundo basa su desarrollo industrial en los hidrocarburos, donde el carbón es relegado a la fabricación de coque para la industria del acero y como fuente en algunas plantas de generación eléctrica.

Hasta la década de los 60, el carbón fue la más importante fuente primaria de energía en el mundo. Al final de los 60 fue superada por el petróleo, pero se estima que el carbón, además de su importancia en la generación de electricidad, volverá de nuevo a ser la principal fuente de energía en algún momento durante la primera mitad del próximo siglo.

La denominada crisis energética de los años 70 entrega una irrefutable lección: el petróleo es un recurso limitado y privilegio de unos pocos países, que conscientes de su posición fijan políticas de precio arbitrarias. Estos acontecimientos provocan un consenso mundial tendiente a buscar fuentes de energía alternativas, donde el carbón resurge como una importante opción, que gracias a la magnitud de sus

reservas y su amplia distribución geográfica, lo convierten en una fuente energética confiable y económica.

El carbón no sólo suministró la energía que impulsó la revolución industrial del siglo XIX, sino que también lanzó la era eléctrica en el presente siglo. Actualmente casi el 40% de la electricidad generada mundialmente es producida por carbón. La industria mundial del hierro y el acero también depende del uso del carbón, al ser éste el principal agente reductor en la industria metalúrgica.

La importancia de otros combustibles fósiles (petróleo y gas) y el surgimiento de fuentes de energía alternativas tales como la nuclear y las renovables no pueden ser ignoradas. Hoy, ninguna de estas alternativas ofrece en el largo plazo una fuente de energía económica y exenta de problemas.

Se estima que, a los niveles actuales de producción, las reservas conocidas de carbón pueden durar aproximadamente cuatro veces más que las reservas combinadas de petróleo y gas. De todas maneras, al ser finitas todas las reservas de combustible fósil, se necesita hacer un uso eficiente y comercialmente efectivo de ellas, de manera que se conserven estos valiosos recursos.

Las fuentes de energía renovables, tales como la hídrica, eólica, solar, biomasa y el mar, constituyen verdaderas alternativas para la generación de energía. De todas formas, todas ellas deben atender problemas que incluyen tanto su viabilidad económica como su aceptación ambiental. Con la excepción de la hídrica, ninguna ofrece proveer energía de manera significativa durante varias décadas.

Como la población mundial crece y los estándares de vida mejoran en el mundo en desarrollo, la demanda internacional de energía se incrementa, en algunos casos, en niveles dramáticos. El carbón es el combustible fósil más abundante y ampliamente distribuido para enfrentar esta creciente demanda de energía.

### **6.1.2 Situación nacional de la extracción de carbón en Chile.**

El carbón seguirá siendo un combustible clave en la matriz energética nacional en el corto y mediano plazo, aunque también debe enfrentar desafíos no menores: la presión que genera la baja en el precio del petróleo, la mayor competencia que supone el ingreso de otras tecnologías como el GNL y las energías renovables, que ya representan más del 12% en el SING y SIC, además de los mayores costos tecnológicos para reducir las emisiones, según sostiene la revista ELECTRICIDAD que cuenta con especialistas y actores de la industria.

Actualmente esta fuente energética es la más usada después de la hidroelectricidad, totalizando 4.617 MW de capacidad instalada en el SING (2.121 MW) y el SIC (2.496 MW), según indica el reporte de febrero de Generadoras de Chile A.G. Del total de energía eléctrica generada en Chile en 2015, en el SING y SIC, un 36% provino de centrales a carbón; en el SING representó el 76% y en el SIC el 22%”, precisando que esta participación en la matriz aumentará en el norte grande debido a la entrada en operación de las centrales Cochrane I y Cochrane II, ambas de 236 MW.

Durante los últimos cuatro años el carbón representó, aproximadamente, un 42% de la matriz eléctrica chilena, valor muy similar a la participación mundial del carbón en la generación eléctrica, que el año 2013 alcanzó un 41%. Actualmente el mercado nacional solo satisface el 10 % de la demanda de carbón nacional <sup>[3]</sup>

---

<sup>[3]</sup> Artículo “El pulso del carbón”, revista online Electricidad, publicado el 08-marzo-2016

### 6.1.3 Situación otras regiones

En la cuenca de Valdivia-Osorno, hubo explotación de carbones sub bituminosos (de bajo poder calorífico, pero sin contaminación de elementos químicos indeseables), es decir, sin azufre y con altos volátiles que se explotó por 50 años en el norte de La Unión, y en Valdivia, donde funcionaba la mina Pupunahue, que operó irregularmente hasta que fue comprada por la empresa carbonífera San Pedro de Catamutún.

La exploración de ese yacimiento permitió el hallazgo y apertura de la más moderna mina de carbón: Mulpún, la que tiene un manto de diez metros de espesor, sin fallas. Pero a los pocos años sufrió un incendio y se perdió.

Ése yacimiento es objeto del proyecto de una filial de Antofagasta Minerals de gasificación subterránea de carbón underground coal gasification, (UCG). En la que no se extrae el carbón, sino que se combustiona in situ.

El informe del GEA (Instituto de Geología Aplicada) y las dos compañías antes mencionadas explican este concepto. La gasificación de carbones consiste en la combustión del carbón en un reactor para obtener fundamentalmente dióxido de carbono e hidrógeno, conocido como syngas (o gas de síntesis), que puede ser utilizado directamente como combustible o transformarse en otros productos químicos.

En el caso particular de la gasificación subterránea del carbón el reactor es el yacimiento propiamente tal, si es que cumple las condiciones geológicas e hidrogeológicas necesarias, permitirá llevar adelante la combustión del carbón, sin necesidad de explotarlo, con las ventajas ambientales y económicas que el proceso implica. El UCG se puede usar directamente para la energía eléctrica o para la industria petroquímica.

#### 6.1.4 Zona de extracción mina “El Paraíso”

Geográficamente el proyecto se lleva a cabo en la provincia de Arauco, específicamente en el sector Pilpilco a 20 kilómetros de Curanilahue se encuentra la mina, ahora bien la planta de lavado se ubica en Curanilahue.

*Ilustración 1*, muestra la ubicación de la planta de lavado en el sector norte de la ciudad de Curanilahue, Avenida Bernardo O’Higgins S/N.



*Fuente: Google maps.*

### **6.1.5 Uso del carbón.**

El carbón suministra el 25 % de la energía primaria consumida en el mundo. Además es de las primeras fuentes de energía eléctrica, con 40 % de la producción mundial, las principales aplicaciones del carbón son:

- Generación de energía eléctrica en centrales termoeléctricas.
- Coque, utilizado como combustible y reductor principalmente en altos hornos.
- Siderurgia, mezclando minerales de hierro con carbón se crean aleaciones más resistentes y elásticas.
- Variedades de filtros, de carbón activado.
- Fábricas de cemento y ladrillo
- Uso doméstico como combustible para calefaccionar.
- Carboquímica, se obtiene el gas de síntesis.
- Petróleo sintético, a través del proceso de licuefacción directa.

### 6.1.6 Métodos de extracción

Hay seis principales métodos de minería subterránea:

- **La minería de muro alto;** Representa alrededor del 50 por ciento de la producción subterránea. La cortadora de muro alto tiene un frente de 1000 pies (300 metros) o más. Es una máquina sofisticada con un tambor giratorio que se mueve mecánicamente atrás y adelante a través de una grieta de carbón ancha. El carbón flojo cae en una línea que lleva el carbón al cinturón transportador para ser retirado del área de trabajo. Los sistemas de muro alto tienen su propio techo hidráulico de soporte que avanza con la máquina mientras la minería progresa. Mientras el equipo de minería de muro alto avanza, la roca supra yacente que ya no es soportada por carbón es permitida que caiga atrás de la operación de forma controlada. Los soportes hacen posible niveles altos de producción y seguridad. Los sensores detectan cuanto carbón queda en la grieta mientras que los controles robóticos mejoran la eficiencia. El sistema de muro alto permite un índice de recuperación de carbón del 60 al 100% cuando la geología circundante lo permite. Una vez que el carbón es removido, usualmente el 75% de esta sección, el techo es permitido para colapsar de forma segura.
- **La minería continua;** Utiliza una máquina minera continua con un tambor de acero giratorio equipado con dientes de carburo de tungsteno que raspan carbón de la grieta. Operando en un sistema “cámara y pilar”—donde la mina se divide en series de “cámaras” de 20-a-30 pies (5-10 metros) o áreas de trabajo cortadas en camas de carbón—puede extraer 5 toneladas de carbón por minuto por mucho, más de lo que una mina sin mecanizar de los 1920s podía producir en un día completo. Las transportadoras se llevan el carbón removido de la grieta. Mineros continuos controlados remotamente son utilizados para trabajar en una variedad de grietas y condiciones difíciles, y versiones robóticas controladas por computadoras se están volviendo más comunes.



- **La minería de cámara y pilar;** Consiste en la extracción en depósitos de carbón mediante el corte de una red de cámaras en la grieta de carbón. Se dejan pilares de carbón para lograr soportar el techo. Los pilares pueden representar hasta el 40% del total de carbón en la grieta, sin importar si había espacio para dejar carbón de piso y techo existe evidencia de excavaciones a cielo abierto recientes que los operadores del siglo XVIII usaban una variedad de técnicas de cámara y pilar para remover el 92% del carbón del lugar. Sin embargo, esto puede ser extraído en una etapa posterior.
- **La minería explosiva;** Es una práctica vieja de minería que utiliza explosivos como dinamita para romper la grieta de carbón, tras lo que el carbón es recaudado y cargado en coches de transporte o bandas transportadoras para moverlos a un área central de carga. Este proceso consiste en una serie de operaciones que empiezan con el corte de camas de carbón para que puedan romperse fácilmente con explosivos. Siendo la más utilizada en la pequeña minería del carbón.
- **Minería de pared corta;** Un método que actualmente representa menos del 1% de la producción de carbón, involucra el uso de una máquina minera continua con soportes de techo móviles, similar a la de muro alto. La máquina corta paneles de carbón de 150 a 200 pies (40 a 60 metros) de ancho y más de media milla (1km) de largo, considerando factores como estratos geológicos.
  - **La minería de retirada o short wall (Tajo corto);** Es un método en el cual los pilares o costillas de carbón usados para soportar el techo de la mina son extraídos; dejando que el techo de la mina colapse mientras que los trabajos de minería van retrocediendo hacia la entrada. Esta es una de las formas más peligrosas de excavación, debido a la imperfecta predicción de cuándo el techo colapsará y posiblemente atrapando o aplastando trabajadores dentro de las minas, pero continua siendo empleado en la pequeña minería del carbón. Esta es la técnica que se emplea en “El Paraíso”, y al ser bien ejecutada, refleja cero accidentabilidad.

### **6.1.7 Ciclo de vida del carbón.**

Las etapas que se realizan en el ciclo de vida del carbón, corresponden a las distintos tipos de fases involucradas que deben desarrollarse para ejecutar una determinada actividad productiva relacionada con el uso del carbón. Es así como se identifican las siguientes etapas:

- Yacimiento.
- Extracción.
- Transporte a planta de lavado.
- Procesamiento (granulometría adecuada).
- Acopios (centro de distribución).
- Transporte a destino final (Cliente).
- Consumo acompañado de aditivos.

La primera etapa corresponde al análisis del yacimiento (mantos), donde los aspectos más relevantes se refieren al estudio de las características geológicas y potencialidades de los mantos y reservas presentes.

La segunda etapa corresponde a la extracción, la cual se realiza empleando explosivos y martillo neumático para romper las grietas o mantos de carbón y abrirse paso y conformar las galerías, luego este es recuperado en carros montados en rieles que tienen capacidad de 500 kg., desplazados por una persona o dos dependiendo del grado de inclinación de las galerías. Finalmente es tratado a superficie por huinches eléctricos, y el carbón es lanzado a una pila de acopio para la espera de su traslado.

La tercera etapa corresponde al transporte, ahora el carbón es tomado desde la pila de acopio, por un cargador frontal de 1m<sup>3</sup> el cual abastece a los camiones que transportan la producción hacia la planta de lavado, ubicada a 20 km de la mina, en donde son acopiados en pilas para su posterior preparación.

La cuarta etapa corresponde al procesamiento, la cual está destinada a la obtención de productos de distintas granulometrías, para lo cual existen diversos tipos de procesos mecanizados que incluyen la trituración y separación del carbón en varias etapas, ya sea en forma seca o húmeda, manual y el lavado de éste.

La quinta etapa corresponde al acopio, lo cual hace referencia a la ubicación en pilas separadas de acuerdo a su granulometría, las cuales quedan a disposición de ser subidas a un camión a través de un cargador frontal con un balde de 2m<sup>3</sup>.

La sexta etapa corresponde al transporte al destino final, esta etapa se refiere a la salida de la planta con los camiones cargados y se entrega al cliente de acuerdo a la granulometría del producto solicitada.

La séptima etapa corresponde al consumo y/o uso que el cliente hace con el producto recepcionado, dependerá del cliente agregar aditivos para su uso o bien lo empleara como materia prima.

### **6.1.8 Fases en la optimización de los procesos operacionales.**

A continuación se presenta una descripción conceptual de cada una de las fases genéricas de los proyectos asociados a la industria del carbón.

#### **6.1.8.1 Fase de planificación:**

Consiste en el diseño y desarrollo de los estudios específicos tendientes a desarrollar un determinado tipo de proyecto asociado a la minería del carbón. Esta planificación debe considerar la identificación de todos los antecedentes a estudiar y concretar en cada una de las siguientes etapas del proyecto: evaluación de las condiciones actuales de la empresa, análisis en la cadena productiva, optimizar las operaciones que quitan valor y calcular los nuevos retornos.

La etapa enfocada en el análisis de las condiciones actuales de la empresa es de corto plazo. El período de tiempo fluctúa entre dos semanas a un mes.

En la fase que corresponde analizar la cadena productiva, es necesario realizar una evaluación minuciosa de todos y cada uno de los procesos identificados en la empresa, así también examinar la comercialización de los productos.

Por último una vez realizados todos los cambios a fin de aumentar el valor a la empresa, es estrictamente necesario verificar y comprobar que las mejoras aumenten la producción e ingresos en la compañía.

## **CAPITULO VII**

### **7.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

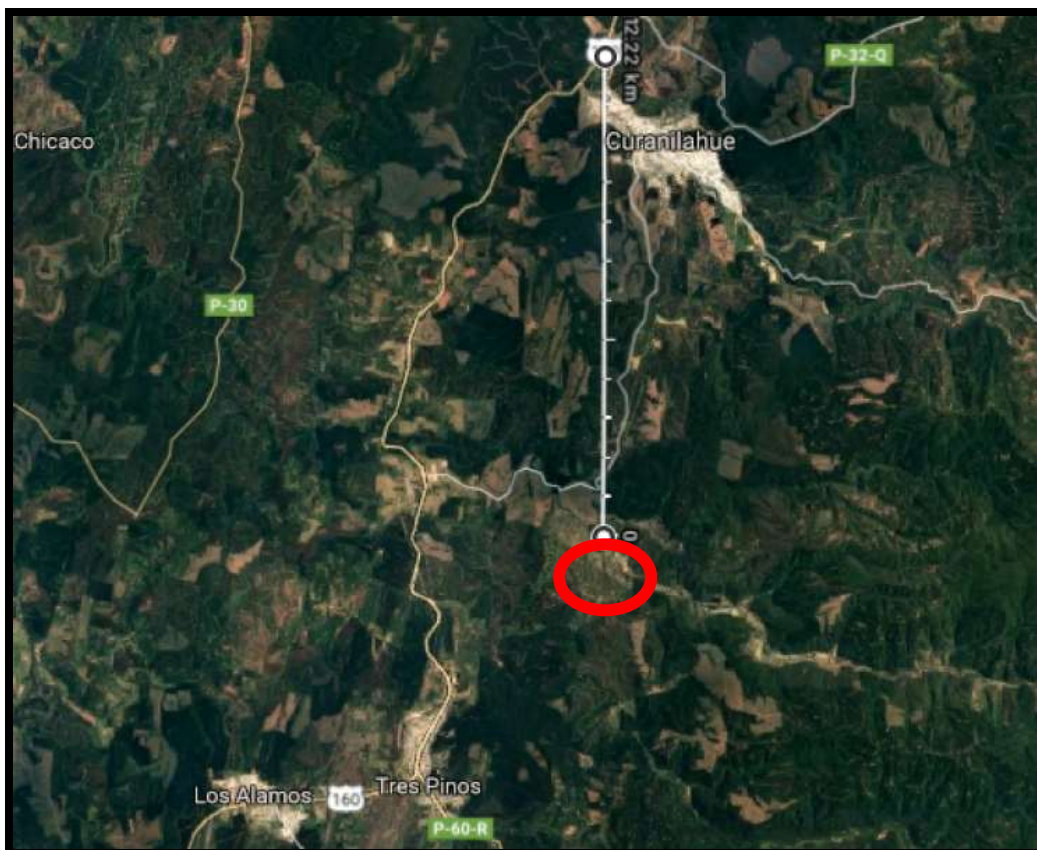
#### **7.1.1 Descripción del proyecto**

Posterior a visitas en terreno a la mina “El Paraíso” se evidencia el deterioro en la arquitectura de galerías y en su inclinación por mala planificación, lo cual se debe a factores geológicos y mala calidad del macizo rocoso entre otros, dichas falencias estructurales afecta directamente a la producción de la mina, razón por la cual se pretende realizar un estudio técnico-económico que permita presentar una solución económicamente rentable, que sea factible de desarrollar, y sea sustentable con la nueva producción una vez optimizado el ciclo y los frentes de explotación. Una vez desarrolladas aquellas soluciones se procederá a implementarlas, objeto conocer los nuevos valores de la producción lo cual nos cuantificara el nivel de la solución desarrollada.

### 7.1.2 Ubicación del proyecto

Mina “El Paraíso” se localiza en la comuna de Los Álamos, sector Pilpilco, provincia de Arauco. Coordenadas UTM norte 5841400 este 643902 cota 273 m sobre nivel del mar y a 20 km de la ciudad de Curanilahue, como se puede apreciar en la ilustración 2.

*Ilustración 2, muestra el sector de la mina “El Paraíso” al sur de Curanilahue a 20 km.*



*Fuente: Google Maps.*

### **7.1.3 Definición de los productos**

El carbón es extraído desde la mina “El Paraíso”, a través de perforación y tronadura, posteriormente se lleva a superficie en carros de 500 kg c/u, luego es acopiado en una pila de acopio y con un cargador frontal es subido a bordo de una flota de 6 camiones, que recorren una distancia de 20 kilómetros, hasta la planta de lavado. Este carbón extraído desde la mina y sin ningún tratamiento, recibe el nombre de carbón rom. En el Anexo N°2 se puede apreciar el ciclo del carbón en la mina y en el Anexo N° 3 se aprecia la pila de acopio exterior mina.

### **7.1.4 Producto generado**

Una vez en la planta, el carbón comienza su ciclo de limpieza y dimensionamiento para los usos que los clientes requieren, las medidas que se manejan son:

Según su granulometría; clasifica en CTX 6/30; CTX 3/15 los cuales son preferidos por su cliente IANSA S.A. y el fino es un producto que solicita la empresa SOPROCAL S.A.

### **7.1.5 Proceso extractivo**

La mina “El Paraíso” cuenta con 3 frentes de extracción, en los cuales se realizan las operaciones unitarias de perforación, tronadura carguío y transporte del material extraído desde el interior mina gracias a un soporte de 7 galerías.

### 7.1.6 Planta de proceso

La planta de proceso es donde se recibe el carbón que viene desde la mina, y se realiza un proceso de lavado y chancado, con el objeto de dejarlo con la granulometría que lo solicita el cliente, además de sumarle valor al producto debido a la pureza y dimensionado. En el Anexo N°4, N°5 se puede apreciar la planta de lavado, y parte del proceso

*Ilustración 3, muestra planta de lavado de carbón en Curanilahue*



*Fuente: Elaboración Propia*

#### 7.1.6.1 Cargador

En la empresa opera con cargadores tipo retroexcavadora, uno en la planta de 2m<sup>3</sup> de capacidad de balde y uno en la mina de 1m<sup>3</sup>, de capacidad de balde los cuales cumplen la función de acopiar y cargar los camiones.

#### 7.1.6.2 Transporte

La empresa hasta la fecha cuenta con una flota de 6 camiones de 20 toneladas c/u.



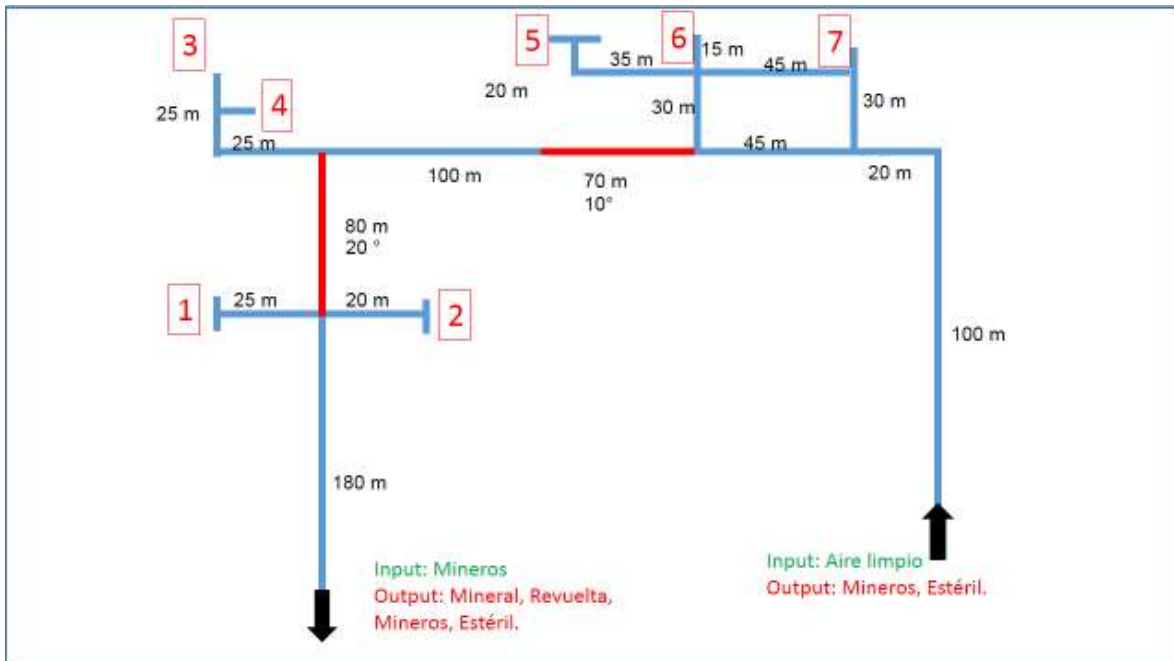
## CAPITULO VIII

### 8.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 8.1.1 Condiciones en la operación

El proceso de producción se define como la forma en que una serie de insumos se transforman en productos mediante la participación de una determinada tecnología, combinación de mano de obra, maquinaria, métodos y procedimientos de operación. Pasando ahora a describir la forma en que lo hace la mina “El Paraíso”.

*Ilustración 4, muestra un esquema del plano de la mina “El Paraíso”*



*Fuente: Propia*

La mina “El Paraíso” cuenta con 7 (siete) galerías y de las cuales se tiene 3 (tres) frentes de explotación los número; 3; 5; 7 de la Ilustración N°4.

### **8.1.2 Extracción del carbón**

Este proceso es realizado por trabajadores ayudándose de barrenos taladro neumáticos, y el uso de explosivos adecuados para la minería del carbón (Permicarb, samsonita). Luego una vez arrancado del frente de trabajo proceden a cargarlo a los carros de 500 kg de capacidad cada uno, montados sobre rieles.

### **8.1.3 Transporte del material**

El proceso del transporte de material comienza con el carbón en los carros, este se lleva impulsado por uno o más trabajadores en galerías horizontales y en pendientes muy pronunciadas se emplean wuínches eléctricos, hasta terminar en el lugar de descarga a superficie, directo a la pila de acopio del carbón.

El transporte hacia la planta de lavado es realizado por una serie de camiones tolva propios de la empresa, los cuales son cargados en la mina por una retroexcavadora con capacidad de balde de 1m<sup>3</sup> y es descargado en la planta por medios propios de la tolva del camión.

### **8.1.4 Flujo de transporte del material**

El mineral extraído por cada turno de 7 horas y 30 min (menos una hora de colación); son 36 carros por turno promedio de 500 kg c/u, (**considerar 10% de pérdida por caída del mineral, producto de una inclinación irregular**), con los que se extrae en los 3 frentes de explotación actuales un total de 850 toneladas de carbón rom.

### **8.1.5 Desglose del tiempo.**

Turno: 7 horas 30 min. (Incluida 1 hora colación), de lunes a sábado.

Promedio por carro volcado en pila de acopio: 11 min.

T de carga en un frente: 20 min.

T de transporte a superficie promedio: 10 min.

Tiempo de izado por huinche: 6 min

T descarga: 1 min.

Nota: Cada frente de explotación (de un total de tres (03) frentes principales), extrae 12 (doce) carros por turno promedio. Para realizar la labor de 1 carro tardan 30 min promedio.

**8.1.6 Perdidas por caída de mineral:** 85 toneladas mensuales. (Las cuales se recuperan por concepto de limpieza de vías, pero que para efectos de este estudio se considera perdida, ya que los carros tienen la capacidad de carga 500 kg, pero al enfrentarse al plano inclinado y además discontinuo, se caen del mismo, limitando la producción.)

### **8.1.7 Producción actual mensual:**

Actualmente en la mina “El Paraíso” se obtienen 850 toneladas mensuales de carbón rom, de las que al ser procesadas en la planta de lavado es posible recuperar el 80 %, obteniendo así 700 toneladas de carbón limpio. Ahora bien en la **Tabla N°2** se puede apreciar los beneficios obtenidos por concepto de venta de 700 toneladas de carbón limpio (correspondiente al 80% de 850 toneladas).

### **8.1.8 Costos de producción mensual:**

Para calcular los costos de producción mensual se incluyen los costos de los elementos que permiten extraer de la mina 850 toneladas de carbón rom., mensualmente, lo que se puede apreciar en la **Tabla N°3** y se evidencia el costo total de producción.

### **8.1.9 Normas y guías de construcción**

Esta empresa al pertenecer al rubro de la pequeña minería (menos de 5000 toneladas mensuales), es normada por el Código de Minería en aspectos de seguridad por el Decreto supremo N° 132 del Ministerio de Seguridad Minera, en el cual se modificó el reglamento y se incorpora el Título XV sobre “Normas de seguridad minera aplicable a faenas mineras bajo 5000 toneladas/mensuales”, además del Art. N° 1 Ley 19.300.

## 8.2 SOLUCIÓN PLANTEADA

Luego de analizar las condiciones de operación de la mina “El Paraíso”, producto de las visitas a terreno y el estudio efectuado, se cotejan las siguientes soluciones sectorizadas, las cuales se describen a continuación.

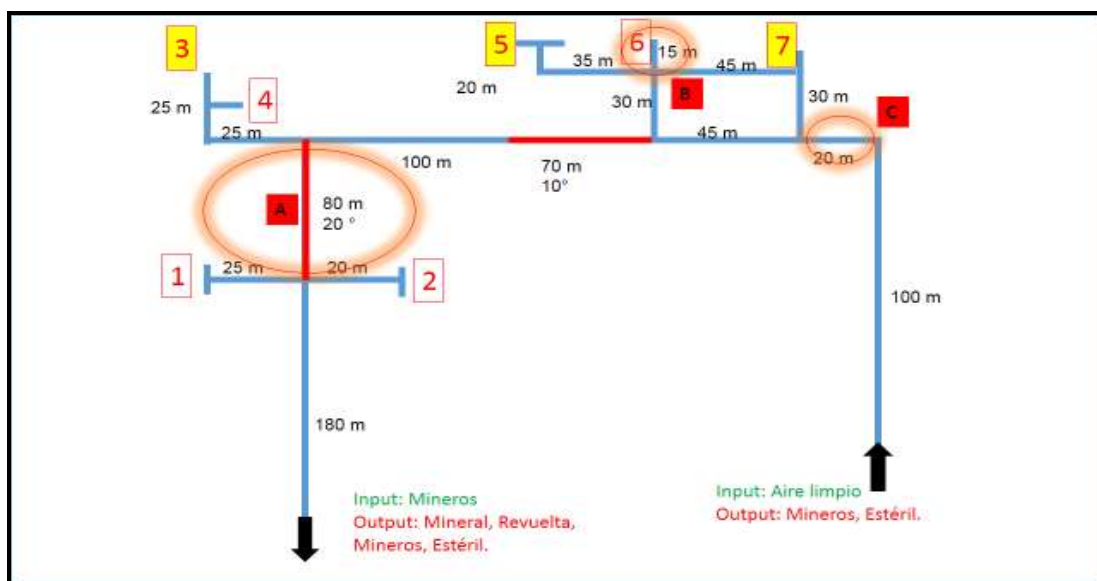
En la ilustración N°5, se aprecia sectores en los cuales se realizarán modificaciones con el propósito de corregir defectos en galerías obteniendo así una mayor producción.

Se procederá en primer lugar con la intervención del sector C de la ilustración N°5, objeto de habilitar esta galería para ser extraída del nuevo frente de extracción N°6 y del frente N°7.

En segundo lugar se procederá con el sector A, galería de 80 m que se corregirá la intermitencia en la inclinación de esta.

Finalmente se procederá a implementar el nuevo frente de extracción (N°6), junto con esto se adquieren nuevos equipos para operar en el nuevo frente y reemplazar algunos obsoletos.

**Ilustración 5**, muestra sectores de intervención del proyecto en el plano de la mina.



Fuente: Elaboración Propia

### **8.2.1 Corrección arquitectura de galerías:**

Se procede a medir sectores que requieren de intervención en galerías que presentan; techos bajos, pisos elevados, caja deteriorada y que no permiten un tránsito normal por interior mina. Luego se requiere efectuar correcciones a un total de 40 mt. de galerías con arquitectura comprometida, las que se encuentran en los sectores A,B y C, de la ilustración 5, se aprecia en los Anexos N° 6, N° 7, galerías de la mina con arquitectura comprometida.

### **8.2.2 Fortificación:**

Se procede a fortificar sectores vulnerables con el objeto de abrir acceso seguro hacia sectores productivos, con ayuda de nueva fortificación de madera, para reemplazar las piezas que no cuenten con características adecuadas y seguras para operar, se pueden visualizar en el Anexo N° 8, N°9 y N° 11 el estado actual. Cabe señalar que las obras y acciones que se realicen serán conforme a la ley <sup>[4]</sup>

### **8.2.3 Corrección en inclinación irregular:**

Se removerá el piso y se nivelara, en los sectores que presentan irregularidades en la inclinación, en el sector “A” de la ilustración N° 5, que corresponde a una galería inclinada, se realizara con ayuda de explosivos, martillo neumático. El material estéril se llevara en carros hasta el sector de acopio fuera de la mina, con lo se concretaría la nivelación de la galería inclinada, reduciendo el tiempo de transporte y eliminando la perdida de mineral durante el transporte a exterior mina. En el Anexo N°10, y Anexo N°11 se puede identificar un estimativo de lo que serían, las irregularidades a lo largo de la galería inclinada.

---

[4] Título XV sobre “normas de seguridad minera aplicable a faenas mineras bajo 5000 toneladas/mensuales”, en su Guía N°5 de operación para la pequeña minería; Fortificación acuñadura.

#### **8.2.4 Acuñaadura**

Se procederá a acuñar en sectores donde se requiera según lo estipulado en el reglamento de seguridad minera, y en el título XV sobre “Normas de seguridad minera aplicable a faenas mineras bajo 5000 toneladas/mensuales”, para dar paso y con altura suficiente a carros y personal hacia sectores de explotación. Se muestra Anexo N° 12 y Anexo N°13, sectores que requieren de la labor anteriormente descrita.

#### **8.2.5 Adquisición maquinaria**

Se requiere adquirir nueva maquinaria para reemplazar al antiguo huinche por otro más moderno y con mayor capacidad. En conjunto con ello se hará imprescindible adquirir dos (02) carros, los que operaran en el nuevo frente de explotación, una (01) barrenadoras, y un (01) martillo neumático.

#### **8.2.6 Apertura nuevos frentes de explotación**

En el sector “B” de la ilustración N°7 se puede apreciar el nuevo frente a implementar, la apertura de nuevos frentes de explotación hace referencia a un aumento en la dotación de la empresa para cubrir estos puestos que aumentaran el nivel de producción de la mina, así mismo es necesario implementar estos frentes con equipos de trabajo. Cabe señalar una vez implementados estos frentes de explotación se hace evidente el incremento del flujo de tránsito interno de la mina razón por la cual el mineral será extraído y dispuesto en pilas de acopio por los dos accesos de la mina “El Paraíso”.

## CAPITULO IX

### 9.1 ANÁLISIS TÉCNICO- ECONÓMICO

Se considera que la mina “El Paraíso” extrae 700 toneladas mensuales, de las que se obtienen los siguientes beneficios por venta, según categoría del producto, lo que se aprecia en la **Tabla N° 2**.

Total: \$45.080.000 mensual

#### 9.1.2 Mano de obra

En la **Tabla N°4** se puede apreciar el monto unitario de salarios de la dotación de la mina el paraíso de acuerdo a los distintos puestos.

### 9.2 COSTOS POR LABORES

Para realizar estos cálculos de costos es necesario determinar el tiempo empleado para concretar algunas labores, las que se expresan en la **Tabla N°5**.

#### **Fortificación x 01 marco completo**

Los costos para fortificar con un marco de madera se detallan en la **Tabla N° 6**, el cual se obtiene de los costos de materiales y de horas hombre, para un marco tiene un costo de **\$ 61.250.-**



### **Desarrollo en galerías x metro**

Los costos en desarrollo por metro en galerías, considerando materiales y horas hombre, para un metro en longitud tienen un costo de **\$ 84.280.-** que se ve reflejado en la **Tabla N°7**.

### **Avance x turno en m<sup>3</sup>**

El avance por turno es 2m de longitud, luego se calcula el volumen de lo avanzado y se obtiene **15 m<sup>3</sup>** de avance por turno, y en un frente es el doble ya que trabajan 2 turnos por frente.

2 m longitud x 3 m ancho x 2.5 alto = 15 m<sup>3</sup> x turno.

15 m<sup>3</sup> x 2 turnos = 30 m<sup>3</sup> x día en un frente.

### **Costos x extraer**

Ahora bien con los costos anteriormente expuestos se puede calcular el costo de extraer un metro cubico el cual es **\$11.237**

\$ 84.280 costo 1 m en longitud x 2 m (avance por turno) = \$ 168.560

\$ 168.560 / 15 m<sup>3</sup> (Volumen extraído por turno) = \$ 11.237

## 9.3 COSTOS DE OPTIMIZACIÓN

### 9.3.1 Corrección arquitectura de galerías

Posterior a visitas en terreno se logra identificar 40 metros a corregir, incluyendo fortificación, acuñadura, y la corrección de cajas, techos y pisos.

Metros a corregir 40 m en total en 3 sectores, Sector B, C, D.

Costos por metro de galería construido: \$ 61.250

40m x \$ 61.250 = **\$ 2.450.000.-**

### 9.3.2 Corrección en inclinación

Se requiere remover un volumen de 200 m<sup>3</sup>, y afecta 50 metros de la galería, lo cual se estima que tardaría un tiempo de 15 días, esto se debe a que es necesario cambiar y/o mejorar fortificación al realizar el desmonte de los sectores irregulares. Se aprecia costo de dicha labor en **Tabla N° 8**, lo que presenta un costo de **\$ 2.701.700.-**

### 9.3.3 Adquisición de maquinaria

Para la apertura de un nuevo frente se hace necesaria la compra de equipos nuevos, además del reemplazo de equipos obsoletos y que es necesario modernizar, como los que se indican a continuación.

#### Barrenadora

*Ilustración 6, muestra barrenadora cotizada.*



*Fuente: Guiyang Maxdrill Rock Tools Co., Ltd.*

#### Características:

- Marca: Pro taladro
- Número de Modelo: Y24
- Par Máximo: 20N. m
- Tipo: taladro neumáticos
- Consumo de Aire Promedio: <55 L/S
- Velocidad Sin Carga: 350R/min
- Artículo: celebrada Y24 Mano de perforación de roca
- Modelo Tipo: Y6, Y20, Y24 y TY24C

**Costo Equipo: \$ 1.000.000**

## Carro minero

*Ilustración 7, muestra carro a confeccionar.*



*Fuente: Propia*

Fabricación se realiza a pedido, la cual se efectúa en maestranza local de la ciudad de Curanilahue.

**Costo equipo: \$ 400.000**

## Martillo neumático

*Ilustración 8, muestra martillo neumático cotizado.*



*Fuente: La Cruz Ltd.*

### Características:

- Rotación hacia la derecha
- Ligero, fundición de aluminio, empuñadura de tipo D
- Gatillo para un mejor control y seguridad interior
- Cilindro de aleación de acero endurecido caso Profundo
- Caucho polvo excluidor protege las piezas internas del polvo y la suciedad
- Tipo de bola de retención permite rápido cambio de brocas

Detalle martillo neumático.

Parte #	Tamaño del plato	Bore Día (In)	Carrera (In)	Golpes por Min	@ CFM 90 psi	Peso (Lbs)	Longitud (In)	Entrada de aire Tamaño
17643	3/4 "RND x 3-3/4"	1-1/4	1	3400	19-21	9	15	3/8 "NPT hembra

**Costo equipo: \$ 1.650.000**

## Huinche neumático.

*Ilustración 9, muestra modelo de huinche neumático cotizado.*



*Fuente: Savona Equipment*

### Características:

- 4000 libras Chicago Tornillo neumático de Tugger operado por aire.
- Chigre neumático de Chicago.
- Operado por aire.
- Tipo 10 - PSL.
- Capacidad de 4000 libras.
- Tambor, ancho de 24 pulgadas.
- Bobina, llena de cable 7/16.
- Aire estilo vano motor.
- Montado en patín de servicio.
- Completo con lubricador.

**Costo equipo: \$ 3.569.500**

### **9.3.4 Compilado de equipos cotizados**

En la **Tabla N° 9** se aprecia el compilado de equipos a adquirir en donde se considera un total de **\$10.589.000.-**

### **9.3.5 Apertura frentes de explotación**

Se debe proceder a la contratación de personal adicional para operar en el nuevo frente de la mina, para lo cual se contratara el personal indicado en la **Tabla N°10**, lo que suma un total de **\$ 7.300.000.-** mensuales por concepto de sueldo.

### **9.3.6 Costos generales correcciones**

Los costos generales de las correcciones de intermitencia en la inclinación de galería producción, arquitectura de galerías, contratación personal adicional, y adquisición de maquinaria suma un total de **\$23.040.700**, los que se pueden apreciar en la **Tabla N° 11**.

### **9.3.7 Nueva producción presupuestada**

Se considera un aumento de 33 % de acuerdo a la apertura de un (01) nuevo frente de extracción de carbón, más lo que ya extraía con tres (03) frentes y finalmente el aumento de un 10 % por concepto de corrección en intermitencia de inclinaciones en galería intervenida. Lo que se expresa en la **Tabla N°12**, adicionalmente se indica que el porcentaje de recuperación en la planta de lavado es de un 80 %, con lo que se calcula los beneficios obtenidos de la venta de los diferentes productos.

### **9.3.8 Costos nueva producción**

Para estimarlos se considera el incremento en un 33 % por operación de un nuevo frente adicional a los tres (03) ya existentes. Se detalla en la **Tabla N°13**, los nuevos costos de producción.

### **9.3.9 Estado de resultados**

Al realizar el estado de resultados se puede evidenciar que el van es mayor a cero por lo tanto es un proyecto prometedor, para tal efecto se puede verificar en la **Tabla N° 14**

### **9.3.10 Recuperación de la inversión**

En la **Tabla N°14** podemos darnos cuenta como a través de un modelo básico de contabilidad, es posible recuperar la inversión en un periodo de tiempo de dos meses y medio lo cual hace que la solución planteada tenga un nivel de rentabilidad, elevado,



## **CAPITULO X**

### **10.1 CONCLUSIÓN**

Una vez analizada la mina “El Paraíso” de Curanilahue y sometida a un estudio técnico-económico se logró identificar falencias en arquitectura de sus galerías, las cuales se atribuyen a la mala calidad del macizo rocoso y a su vez al deterioro natural producido por las propias condiciones ambientales del interior mina, con lo cual se limitaba la producción y de la mano atentaba contra la seguridad e integridad de los trabajadores de la mina, es posible también identificar y cuantificar las pérdidas ya sea por la labor ejecutada o bien los costos de oportunidad al no aplicar acciones correctivas a las condiciones actuales.

Ahora bien este estudio en el ámbito económico arrojó resultados favorables, dado que la inversión es recuperable en un periodo menor a un semestre específicamente 2,6 meses, esto se debe a un aumento de la producción como consecuencia de la apertura de un nuevo frente de explotación el cual mantiene un nivel promedio de extracción semejante a los actuales, y hace posible aumentar los beneficios obtenidos, generar una fuente de nuevos trabajos en el aspecto social y se consigue implementar nuevas maquinarias fomentando el uso eficiente de recursos energéticos. Finalmente es posible indicar que para la optimización realizada, los nuevos costos de producción equivalen a un 78% de los beneficios obtenidos por concepto de venta, lo que indica lo positivo de la optimización, dado que en la actualidad los costos de producción representan el 86,1% de los beneficios obtenidos por concepto de ventas.

## 10.2 TERMINOLOGÍA

**Acuñar:** Sacar roca suelta que podría caer al hacer un avance, antes de seguir con la perforación lateral en una mina.

**Avance:** Dentro de la mina, se denomina a las perforaciones o exploraciones de tiros laterales en busca de mineral.

**Barrenar:** Perforar con el barreno dentro de la mina.

**Barreno:** Instrumento de metal largo, de unos 30 a 40 centímetros, usado para perforar manualmente, con la ayuda de un martillo, la roca.

**Cajas:** Muros laterales de la mina.

**Carga:** Una porción de explosivo.

**Castillo:** Conjunto de maderos separados y en forma horizontal, sobre estos se ponen corridas perpendiculares una con respecto a la otra en forma sucesiva hasta alcanzar el techo de una galería.

**Cota:** Altura en metros respecto el nivel medio del mar.

**Cuña:** Barreno cortó que se usa para acuñar.

**Estéril:** Roca sin mineral.

**Extracción:** Conjunto de acciones destinadas a sacar el mineral desde los buzones o zanjas, llamados puntos de extracción, por medios manuales o mecanizados.

**Falla:** Discontinuidad planar en la roca producida por el quiebre, con desplazamiento de una cara respecto a la otra, su extensión puede variar de algunos centímetros hasta kilómetros.

**Quemar:** Prender una guía que explotará un tiro dentro del pique.

**Marco:** Palos de árbol, generalmente eucaliptos, colocados dentro de la mina para afirmar los muros y techo.

**Manto:** Yacimiento de forma tabular con inclinación inferior a 45%.

**Potencia:** Es el alto del manto.

**Taco:** Palo de madera que sirve para apretar cambuchos y cargas dentro de un tiro.

**Taladros:** Instrumental para perforar dentro de la mina.

**Veta:** Forma de disposición del mineral dentro del pique o mina.

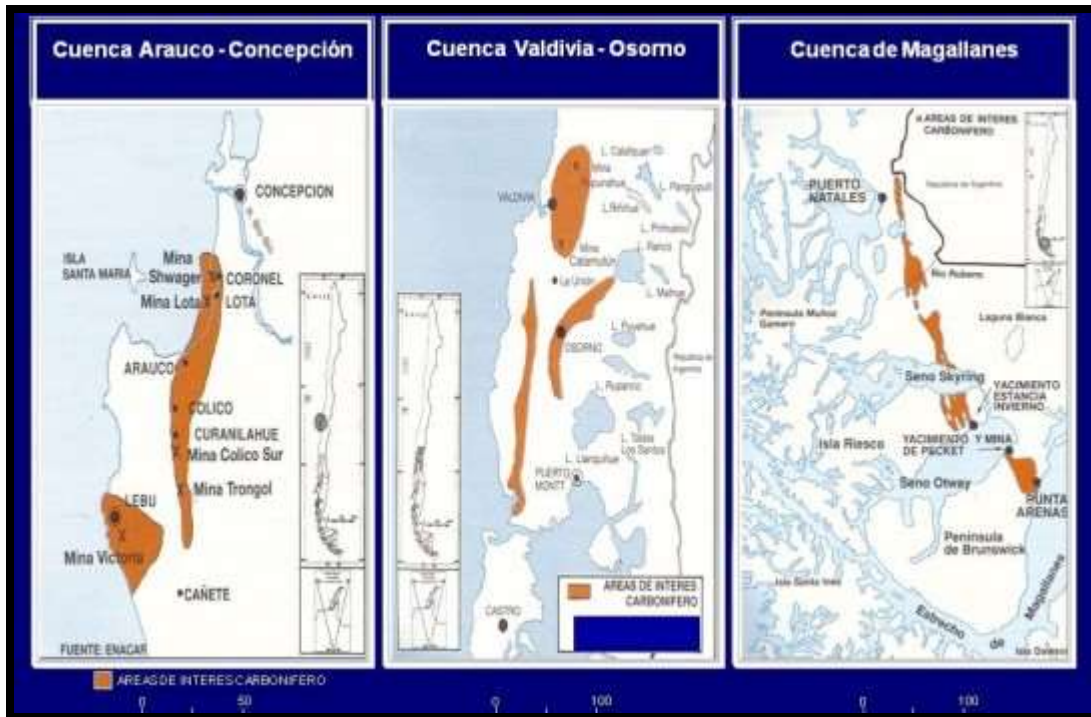
### 10.3 BIBLIOGRAFÍA

- Decreto supremo N° 132 de 2002, reglamento de seguridad minera.
  
- Guía n° 2 de operación para la pequeña minería operación, tránsito de equipos, vehículos y personas; Guía n° 5 sobre fortificación y acuñadura, del título XV “Normas de seguridad minera aplicables a faenas mineras cuya extracción subterránea o a rajo abierto y/o tratamiento de minerales sea igual o inferior a 5.000 toneladas por mes”.
  
- Libro “carbón protagonista del pasado, presente y futuro” (2010), por Hernán Danús Vásquez
  
- <http://www.sernageomin.cl/sminera-explotacion.php>
  
- <http://www.mch.cl/reportajes/carbon-mantiene-su-sitio-en-chile/#>
  
- <http://www.consejominero.cl/chile-pais-minero/mineria-en-cifras>
  
- <http://chile.infomine.com/suppliers/categories.asp>

## 10.4 ANEXOS

### ANEXO N°1

Principales cuencas del carbón en Chile, desde el ámbito económico.



### ANEXO N°2

Se muestra el ciclo del carbón extraído en la mina "El Paraíso" de Curanilahue.



### ANEXO N°3

Se muestra pila de acopio exterior, de la mina “El Paraíso” de Curanilahue.



### ANEXO N°4

Se aprecia primera fase del proceso en la planta de lavado, en donde se lava el carbón, para luego entrar en el chancador.



## ANEXO N°5

Se enseñan las correas transportadoras que llevan el carbón desde y hacia el chancador hasta la pila de acopio.



## ANEXO N°6

Muestra galerías de la mina “El Paraíso” que requieren corrección de la arquitectura.



## ANEXO N°7

Se muestra galería con su arquitectura comprometida.



## ANEXO N°8

Galería con marco deteriorado por sobre esfuerzo.





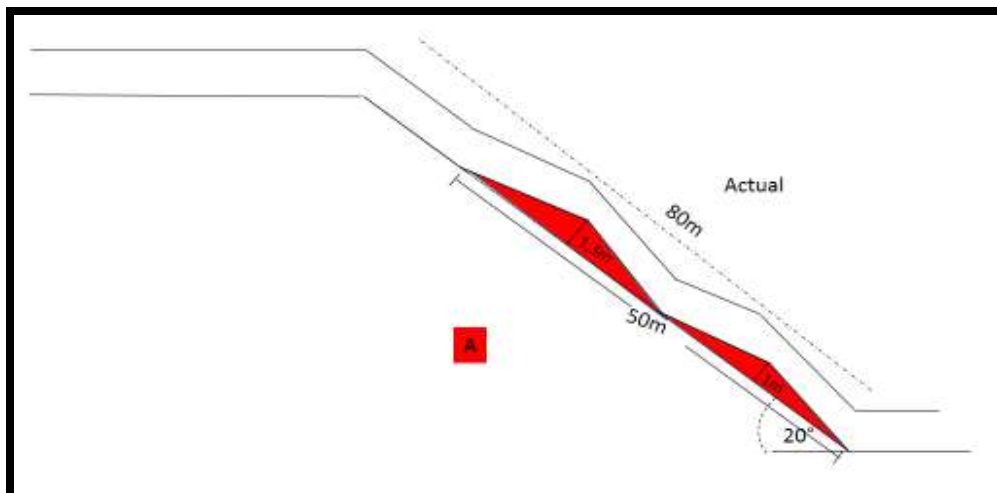
## ANEXO N°9

Galería con el techo comprometido afectando al marco de la fortificación.



## ANEXO N°10

Muestra esquema con intermitencias en la inclinación de una galería. (En el sector A)



## **ANEXO N°11**

Muestra intermitencias en la inclinación de una galería.



## **ANEXO N°12**

Sector de una galería que se requiere acuar y fortificar.



## ANEXO N°13

Sector de una galería que se requiere acuar y fortificar.



## 10.5 TABLAS

**TABLA N°1**

Se muestra tabla con la clasificación Estadounidense, por categorías, la cual es ampliamente aceptada en Chile.

<b>Categoría</b>	<b>Sub-categoría</b>	<b>Elementos volátiles</b>	<b>PCS</b>
Antracita	Meta-Antracita	< 2 %	
	Antracita	2 a 8 %	
	Semi-Antracita	8 a 14 %	
Bituminoso	Bajo nivel volátil	14 a 22 %	
	Medio nivel volátil	22 a 31 %	
	Alto nivel volátil A	> 31 %	> 32,6 MJ/kg
	Alto nivel volátil B		30,2 a 32,6 MJ/kg
	Alto nivel volátil C		26,7 a 30,2 MJ/kg
Sub-Bituminoso	Sub-Bituminoso A		24,4 a 26,7 MJ/kg
	Sub-Bituminoso B		22,1 a 24,4 MJ/kg
	Sub-Bituminoso C		19,3 a 22,1 MJ/kg
Lignito	Lignito A		14,6 a 19,3 MJ/kg

**TABLA N°2**

Se observa tabla con beneficios obtenidos por concepto de venta de los productos.

<b>Producto</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Precio/Toneladas</b>	<b>Total</b>
CTX 6/30	288,4	\$ 80.000	\$ 23.072.000
CTX 3/15	138,6	\$ 80.000	\$ 11.088.000
CTG (fino)	273	\$ 40.000	\$ 10.920.000
<b>Total</b>	<b>700</b>		<b>\$ 45.080.000</b>

**TABLA N°3**

Se observa tabla con los costos de producción mensual de la mina “El Paraíso”.

	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total en peso Chileno</b>
<b>Explosivos detonadores</b>	9	Cajas de 150 u.	100.000	900.000
	10	Cajas de 200 u.	200.000	2.000.000
<b>Combustible</b>	8400	litros	480	4.032.000
<b>Sueldo trabajadores</b>	64	Clp	variable	28.050.000
<b>Mantenimiento equipos</b>	4	NR	variable	1.900.000
<b>Madera</b>	40	Metro ruma	48.000	1.920.000
<b>Total</b>				<b>38.802.000</b>

**TABLA N°4**

Se observa tabla con los sueldos de la dotación de la mina “El Paraíso”.

<b>CARGO</b>	<b>SUELDO x MES</b>	<b>DÍA</b>	<b>HORA</b>
<b>Supervisor</b>	<i>\$800.000</i>	<i>\$33.330</i>	<i>\$4.440</i>
<b>Manipulador Explosivos (Barretero)</b>	<i>\$900.000</i>	<i>\$37.500</i>	<i>\$5.000</i>
<b>Jornal (carrero)</b>	<i>\$400.000</i>	<i>\$16.660</i>	<i>\$2.220</i>
<b>Fortificador (Contratista)</b>	<i>\$500.000</i>	<i>\$20.830</i>	<i>\$2.770</i>

**TABLA N°5**

Se observa tabla con tiempo por labores en la mina “El Paraíso”.

<b>Instalación de fortificación</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Personal utilizado</b>	<b>Tiempo</b>	
Formación de la cavidad trapezoidal	1 Perforador ; 2 carreros	2 Hr	<b>Marco</b>
Instalación del marco	2 Fortificadores	30 min	
<b>Total</b>		<b>2Hr.:30 min.</b>	
Extracción del manto carbonífero	2 Perforador ; 3 carreros	1 Hr	<b>Encastillado</b>
Instalación del encastillado	2 Fortificadores	30 min	
<b>Total</b>		<b>1Hr.:30 min.</b>	

**TABLA N°6**

Se observa tabla con los costos de fortificación para un (01) marco de madera.

	<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo mercado</b>	<b>Requerido</b>	<b>Total</b>
<b>Fortificación</b>	madera de pino	metro ruma	36000	0,4	14400
	madera de eucalyptus	metro ruma	48000	0,6	28800
	HH. Especialista.	2h x 1 barretero h 2 jornal + 1/2h x2 contratistas			21650
<b>Total</b>					<b>\$ 64.850</b>

**TABLA N°7**

Se observa tabla con los costos de avanzar un metro en longitud de una galería y 7,5 m<sup>3</sup> en relación al volumen.

	<b>Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo mercado</b>	<b>Requerido</b>	<b>Total</b>
<b>Desarrollo en galería x metro horizontal (7,5 m<sup>3</sup>)</b>	madera de pino	metro ruma	36000	0,4	14400
	madera de eucalyptus	metro ruma	48000	0,6	28800
	HH. Especialista.	2h x 1 barretero y 2 jornal + 1/2h x2 contratistas			21650
		1h x 2 barretero y 3 jornal + 1/2h x2 contratistas			19430
<b>Total</b>					<b>\$ 84.280</b>

**TABLA N°8**

Tabla con los costos de corregir intermitencias en la inclinación de una galería de la mina "El Paraíso".

<b>Labor</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costo x Día</b>	<b>Total</b>
Remover volumen de estéril	15 días	\$ 75.000	\$ 1.123.700
Fortificar	15 días	\$ 82.000	\$ 1.225.000
Explosivos	10 días	\$ 64.000	\$ 353.000
<b>Total</b>		<b>\$ 221.000</b>	<b>\$ 2.701.700</b>

**TABLA N°9**

Se observa equipos cotizados para renovación y por concepto de apertura de nuevo frente.

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Huinche neumático</b>	2	\$ 3.569.500	\$ 7.139.000
<b>Barrenadora</b>	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
<b>Carro minero</b>	2	\$ 400.000	\$ 800.000
<b>Martillo neumático</b>	1	\$ 1.650.000	\$ 1.650.000
<b>Total</b>			<b>\$ 10.589.000</b>

**TABLA N°10**

Tabla con sueldos mensuales adicionales, por personal para operar en nuevo frente.

<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo mensual</b>	<b>Total</b>
Barretero	2	\$ 900.000	\$ 1.800.000
Jornal	10	\$ 400.000	\$ 4.000.000
Contratista	3	\$ 500.000	\$ 1.500.000
<b>Total</b>	15	\$ 1.800.000	<b>\$ 7.300.000</b>



**TABLA N°11**

Se observa compilado de las correcciones y optimizaciones de la mina “El Paraíso”.

<b>Detalle</b>	<b>Costos</b>
Corrección de inclinación	\$ 2.701.700
Corrección de arquitectura galerías	\$ 2.450.000
Adquisición de maquinaria	\$ 10.589.000
Apertura nuevos frentes	\$ 7.300.000
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>\$ 23.040.700</b>

**TABLA N°12**

Se observa tabla con beneficios calculados posterior a procesamiento en planta de lavado, por concepto de venta de productos.

<b>Producto</b>	<b>% de producción</b>	<b>Precio x Tonelada</b>	994,8 ton = 80 % recuperación posterior al trabajo en planta	<b>Toneladas</b>	<b>Total</b>
CTG (Fino)	41,2	\$ 40.000		409,9	\$ 16.394.963
CTX 6/30	19,8	\$ 80.000		197,0	\$ 15.758.266
CTX 3/15	39	\$ 80.000		388,0	\$ 31.039.008
<b>Total:</b>			994,8	<b>\$ 63.192.237</b>	

**TABLA N°13**

Se observa tabla con costos de producción calculados posterior la etapa de optimización y con las correcciones ya ejecutadas.

	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total en peso Chileno</b>
<b>Explosivos</b>	12	Cajas de 150 u.	\$ 100.000	\$ 1.200.000
<b>Detonadores</b>	14	Cajas de 200 u.	\$ 200.000	\$ 2.800.000
<b>Combustible</b>	11200	litros	\$ 480	\$ 5.376.000
<b>Sueldo trabajadores</b>	79	Persona	variable	\$ 35.350.000
<b>Mantención equipos</b>	4	nr	\$ 475.000	\$ 1.900.000
<b>Madera</b>	54	Metro ruma	\$ 48.000	\$ 2.592.000
<b>Total</b>				<b>\$ 49.218.000</b>

**TABLA N°14**

Se observa tabla con beneficios calculados posterior a procesamiento en planta de lavado, por concepto de venta de productos.

<b>Estado de resultados y flujo de caja (expresado en \$ pesos Chileno)</b>								
1	Ítem		mes 0	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5
2	<b>Inversión</b>		-23.040.700					
3	<b>Ingresos</b>			63.192.237	63.192.237	63.192.237	63.192.237	63.192.237
4	<b>Costos de Producción</b>			49.218.000	51.186.720	53.234.189	55.363.556	57.578.099
5	<b>Depreciación</b>			384.012	384.012	384.012	384.012	384.012
6	<b>Utilidad Bruta</b>			13.590.225	11.621.505	9.574.037	7.444.669	5.230.127
7	<b>Impuestos (26%)</b>			3.533.459	3.021.591	2.489.249	1.935.614	1.359.833
8	<b>Utilidad Neta</b>			10.056.767	8.599.914	7.084.787	5.509.055	3.870.294
9	<b>Depreciación</b>			384.012	384.012	384.012	384.012	384.012
10	<b>Flujo de caja</b>			10.440.778	8.983.926	7.468.799	5.893.067	4.254.305
11	<b>Tasa de Descuento (12%)</b>			10.337.404	8.806.907	7.249.142	5.663.121	4.047.826
12	<b>SUMFca.</b>	<b>36.104.401</b>						
13	<b>VAN</b>	<b>13.063.701</b>						
14	<b>PRI</b>	<b>2,6 meses</b>	<b>-23.040.700</b>	<b>-12.983.933</b>	<b>-4.384.019</b>	<b>2.700.768</b>	<b>8.209.823</b>	<b>12.080.117</b>