

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Evaluación de costos por tonelada del proceso de extracción del material de la veta Naily perteneciente a la empresa minera PRODUMIN S.A.”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN MINAS

Presentado por:

DAVID ANDRES ARIAS ARCENTALES

JULIO JESÚS BURGOS RUIZ

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

A Dios y la Santísima Virgen del Cisne, por las bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida estudiantil para lograr mi objetivo y por brindarme su infinito amor, protección y bondad.

A mis padres Carlos y Mercedes, por darme el regalo de la vida, brindarme su amor, cariño, enseñanzas y valores, por su cuidado y el esfuerzo realizado para mantener nuestra familia.

A mis hermanos Calos y Zahira, por el amor de hermanos y el apoyo para seguir adelante en toda etapa de mi vida.

A mis sobrinos Paulo y Valentina, para que vean en mi un ejemplo a seguir.

A Angela Gómez C, por haberme cuidado desde mi nacimiento hasta el día de hoy, dándome sus mejores enseñanzas, y más que nada por ser como una segunda madre para mí.

A Gladys Vivar, por brindarme su cariño y apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria.

A mis amigos, por su apoyo e influencia que tuvieron para mi superación.

Al Dr. Alberto Vásquez (+), considerado como mi hermano, por creer en mí, darme su voz de aliento para cumplir esta meta universitaria y dejar en mí una gran huella

David Arias A.

DEDICATORIA

Agradezco primero a Dios por brindarme salud y fortalezas durante este arduo camino.

Dedico este proyecto a mi madre Cecilia Ruiz, por motivarme e inspirarme en todo momento, por enseñarme el significado del esfuerzo continuo.

A mi padre Julio Burgos por apoyarme y enseñarme que el trabajo honesto es el más importante para mejorar como persona.

A mis hermanas, Nadya y Vanessa, mi familia en general y mis cercanas amistades por ser mi fortaleza y brindarme su apoyo incondicionalmente.

Sin todos ellos no hubiese alcanzado este logro en mi vida.

Julio Burgos R.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a las personas que estuvieron colaborando en la elaboración del proyecto integrador, especialmente a nuestro tutor Msc. Jesús Crespo Quintero quien fue nuestra guía para la culminación del mismo, también a la Msc. Samantha Jiménez Oyola quien tuvo una participación invaluable en la realización de este proyecto.

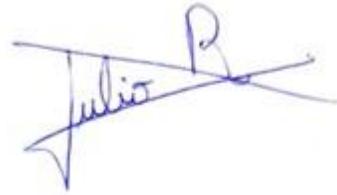
Al Ing. Darío Villacrés Garcés, Ing. Alexei Gonzales Palomino quienes con su paciencia, experiencia y amabilidad nos han compartido sus conocimientos y nos han guiado en el desarrollo del proyecto, adicionalmente a la empresa minera PRODUMIN S.A, por abrirnos sus puertas y brindarnos la disponibilidad para la elaboración de este trabajo de titulación.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Arias Arcentales David Andrés, Burgos Ruiz Julio Jesús damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Arias Arcentales David Andrés



Burgos Ruiz Julio Jesús

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:

**SAMANTHA TAMARA
JIMENEZ OYOLA**

**MSc Samantha Jiménez Oyola
PROFESOR DE LA MATERIA**



Firmado electrónicamente por:

**JESUS WASHINGTON
CRESPO QUINTERO**

**MSc Jesús Crespo Quintero
PROFESOR TUTOR**

RESUMEN

El manejo adecuado de los costos es el punto más relevante para el desarrollo de un buen proyecto minero. Para esto, como objetivo principal del proyecto se plantea determinar los costos generados dentro del proceso de extracción del material de la veta Naily, para el análisis de la ley de corte. Es por eso que, al realizar una evaluación de costo por tonelada se podrá tomar decisiones a nivel estratégico garantizando mejoras en las etapas productivas de la extracción del material de aquella veta.

La metodología aplicada se dividió en tres etapas. Se empezó con la identificación del problema y la revisión bibliográfica de la zona de estudio, posteriormente se procedió a crear una línea base con las actividades, equipos, mantenimientos y personal involucrado, con esto se generó un modelo de costos en Microsoft Excel, y finalmente se calculó la ley de corte con la información procesada.

Los resultados obtenidos mediante el modelo realizado correspondieron al costo para extraer una tonelada de material de 27.06 USD y que la ley de corte es de 2.18 gr de Au/ton, además de esto se estimó las utilidades a obtener de \$63,243.46 en consideración de la ley promedio de la veta.

Debido a esto se concluye que, en base a las características que presenta la veta Naily, la explotación de esta contribuye de manera favorable a la empresa, siempre que se extraiga un tonelaje mayor a 865.95 ton/mes, considerando rentable el proceso de extracción mediante las utilidades generadas.

Palabras clave: Etapas productivas, ley de corte, modelo de costos, rentabilidad

ABSTRACT

Proper cost management is the most relevant point for the development of a good mining project. For this, the main objective of the project is to determine the costs generated within the extraction process of the material from the Naily vein, for the analysis of the cut-off grade. That is why, when carrying out an evaluation of costs per ton, decisions can be made at a strategic level, guaranteeing optimization in the productive stages of underground exploitation for the extraction of material from that vein.

The applied methodology was divided into three stages. It began with the identification of the problem and the bibliographic review of the study area, then a baseline was created with the activities, equipment, maintenance, and personnel involved, with this a cost model was generated in Microsoft Excel, and finally the cutoff grade was calculated with the processed information.

The results obtained through the model carried out corresponded to the cost to extract a ton of material of 27.06 USD and that the cut-off grade is 2.18 gr of Au/ton, in addition to this, the profits to be obtained of \$ 63,243.46 were estimated in consideration of average vein grade.

Because of this, it is concluded that, based on the characteristics of the Naily vein, the exploitation of this contributes in a favorable way to the company, provided that a tonnage greater than 865.95 ton/moth is extracted, considering the extraction process profitable through the profits generated.

Keywords: *Productive stages, cut-off grade, cost model, profitability*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE GRÁFICOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Antecedentes	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Zona de estudio.....	5
1.5.1 Ubicación de la empresa minera PRODUMIN S.A.	5
1.5.2 Geología Regional	6
1.5.3 Geología Local.....	6
1.5.4 Mineralización	7
1.6 Marco teórico.....	7
1.6.1 Costos.....	7
1.6.2 Elementos de los costos	8

1.6.3	Clasificación de costos	9
1.6.4	Costos de producción	9
1.6.5	Costo de extracción en minería	10
1.6.6	Modelo de costos.....	10
1.6.7	Ley de corte del mineral.....	11
CAPÍTULO 2.....		12
2.	Metodología.....	12
2.1	Universo y muestra.....	12
2.2	Diagrama metodológico.....	13
2.3	Desarrollo del proyecto.....	14
2.3.1	Primera etapa	14
2.3.2	Segunda etapa.....	15
2.3.3	Tercera etapa.....	23
CAPÍTULO 3.....		25
3.	Resultados y análisis.....	25
3.1	Costos involucrados en el proceso de extracción	25
3.1.1	Costo mensual del personal	25
3.1.2	Costo mensual de los equipos de protección personal (EPP)	26
3.1.3	Costo mensual de insumos de perforación.....	27
3.1.4	Costo mensual de los insumos de explosivos	28
3.1.5	Costo mensual de los insumos generales	30
3.1.6	Costo mensual de los trabajos administrativos.....	30
3.1.7	Costo mensual del mantenimiento de equipos e infraestructura.....	31
3.1.8	Costo mensual del consumo de energía eléctrica	31
3.1.9	Costos unitarios por tonelada	32

3.2	Cálculo de la ley de corte	32
3.3	Utilidades obtenidas por el tonelaje a movilizar mediante el camino actual	33
3.4	Volumen requerido considerando la ley promedio de la veta Naily	34
3.5	Propuesta para la mejora en la producción del tonelaje a movilizar	34
3.5.1	Ley de corte considerando la propuesta de mejora	34
3.5.2	Utilidades obtenidas por producción mediante el camino propuesto	35
3.6	Comparación de resultados.....	36
3.7	Análisis de resultados.....	36
CAPÍTULO 4.....		38
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	38
4.1	Conclusiones.....	38
4.2	Recomendaciones.....	39
5.	Bibliografía	40
6.	Anexos	41

SIMBOLOGÍA

m	Metro
min	Minutos
ton	Toneladas
Au	Oro
gr	Gramos
l	Litros
und.	Unidad
%	Porcentaje
\$	Dólares
Δ	Diferencia
$\Delta\%$	Porcentaje de diferencia
gr Au/ton	Gramos de Oro por tonelada
\$/ton	Dólares por tonelada
\$/gr	Dólares por grama
\$/mes	Dólares por mes
\$/und.	Dólares por unidad
\$/l	Dólares por litro
\$/por voladura	Dólares por voladura

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de la empresa minera PRODUMIN S.A.....	6
Figura 2.1 Diagrama de carga de los taladros.....	16
Figura 6.1 Actividad de perforación en tajo	41
Figura 6.2 Actividad de voladura en tajo	41
Figura 6.3 Actividad de limpieza y carga de material	42
Figura 6.4 Actividad de transporte.....	42
Figura 6.5 Ubicación geográfica de PRODUMIN S.A.....	43
Figura 6.6 Roca incompetente.....	47
Figura 6.7 Inundaciones	47
Figura 6.8 Presencia de curvas pronunciadas.....	48

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Diagrama de las actividades del proceso de extracción	12
Gráfico 2.2 Diagrama metodológico	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Coordenadas del área concesionada "Bella Rica".....	5
Tabla 1.2 Coordenadas de la boca mina de la empresa PRODUMIN S.A.	5
Tabla 2.1 Elementos identificados que generan costos en la etapa de extracción.....	20
Tabla 3.1 Costo por mes del personal involucrado.....	26
Tabla 3.2 Costo mensual de EPP.....	26
Tabla 3.3 Costo mensual de insumos de perforación para galería con una perforación diaria	27
Tabla 3.4 Costo mensual de insumos de perforación para tajo/subnivel con dos perforaciones diarias	27
Tabla 3.5 Costo mensual de insumos de perforación para chimenea con dos perforaciones diarias.....	28
Tabla 3.6 Costo mensual de consumo de aceite.....	28
Tabla 3.7 Costo mensual del consumo de explosivos en galería con un disparo diario	29

Tabla 3.8 Costo mensual del consumo de explosivos en tajo con dos disparos diarios.....	29
Tabla 3.9 Costo mensual del consumo de explosivos en chimenea con dos disparos	29
Tabla 3.10 Costo mensual por los insumos generales	30
Tabla 3.11 Costo mensual administrativo del sector	30
Tabla 3.12 Costo mensual por mantenimiento de equipos e instalación	31
Tabla 3.13 Costo mensual por consumo de energía eléctrica.....	31
Tabla 3.14 Costo unitario por tonelada mensual	32
Tabla 3.15 Ley de corte en base a extracción de material por camino actual	33
Tabla 3.16 Cálculo de ganancias en base al tonelaje de producción y ley promedio de la veta.....	33
Tabla 3.17 Parámetros para el cálculo del tonelaje mínimo a extraer	34
Tabla 3.18 Estimación de la ley de corte en base a la extracción del material por el camino propuesto.....	35
Tabla 3.19 Cálculo de utilidades en base al tonelaje extraído considerando la propuesta de mejora	35
Tabla 3.20 Comparación por aspectos	36
Tabla 6.1 Costos mensuales por actividad	44
Tabla 6.2 Costo para la implementación del camino propuesto	48

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador se ha desarrollado la minería metálica la cual se ha convertido en una actividad económica importante en el desarrollo del país, todo esto mediante una explotación racional y técnica de los recursos minerales. De tal manera que, la extracción de minerales metálicos en minas subterráneas ha logrado efectuarse en diferentes etapas, las cuales son: perforación, voladura, carga y transporte. En el proceso de extracción de minerales metálicos es de gran importancia considerar el costo que se va generando. Por lo que el conocimiento y manejo adecuado de estos permite identificar los elementos que generan elevados gastos, durante las etapas antes mencionadas, además de optar por la mejor decisión o estrategia que garantice una mejora en la situación económica dentro de las empresas mineras, esto implica en reducir costos mediante medidas correctas y evaluadas de tal manera que no se presenten riesgos dentro del proceso productivo de la mina, caso contrario podría llegar a ocurrir la suspensión del proyecto minero, e incluso tener un costo de producción mayor en comparación al precio de venta del producto. Por lo tanto, no solo se trata de disminuir, quitar o eliminar costos sino más bien de optimizar los procesos para tener un menor coste de la actividad respectiva con la finalidad de que las empresas mineras sean competitivas de forma constante.

Es por eso que, este proyecto integrador ofrece una evaluación de los costos por tonelada involucrados en el proceso de extracción del mineral de la veta Naily, que permita estimar y analizar la ley de corte, esto para poder plantear estrategias o soluciones que optimicen las actividades inmersas en dicho proceso, reduciendo el costo unitario por tonelada, logrando también identificar la rentabilidad del proyecto dentro de la empresa.

1.1 Planteamiento del problema

La empresa minera productos mineros S.A o PRODUMIN S.A., es una empresa dedicada a la extracción y procesamiento de oro, que actualmente cuenta con un proyecto en la veta Naily, en donde se conoce que, por medio de las actividades efectuadas dentro del proceso de extracción, se genera elevados costos, lo cual conlleva al sector a la búsqueda de vetas con mejores leyes y esto va reduciendo la vida útil de la mina. En este contexto, este proyecto buscará estimar los costos de extracción con el actual método de explotación de corte y relleno ascendente, así como también la ley de corte actual y posibles estrategias para optimizar el costo por tonelada total involucrado en el proceso de extracción del material proveniente de la veta Naily.

1.2 Justificación del problema

Se ha identificado que no existe una evaluación de costos de las etapas involucradas en el proceso de extracción en la zona de interés de la unidad minera PRODUMIN S.A. de tal manera que se desconoce la ley de corte. De ahí es la importancia de realizar el respectivo análisis y evaluación de costos ya que el manejo de estos es el punto más relevante en el desarrollo de un buen proyecto minero.

1.3 Antecedentes

La empresa PRODUMIN S.A es una compañía minera que labora dentro del ámbito privado y está dedicada a la explotación, obtención y comercialización de oro, por medio de la explotación subterránea con el método de corte y relleno ascendente. En interior mina la empresa cuenta con algunos sectores que se encuentran en exploración y explotación constante con la finalidad de encontrar nuevas vetas, dentro de las constantes exploraciones se ubicó una veta muy prometedora a la cual se la llamó Naily. De tal manera que se plantea llevar aquella veta a explotación siguiendo los parámetros técnicos utilizados actualmente en las actividades del proceso de extracción, que fueron implementados gracias a los proyectos integradores realizados en la empresa. La veta Naily se considera muy alejada de la superficie por lo que la empresa pretende determinar si estos parámetros son lo suficientemente eficientes para desarrollar su explotación.

En la empresa PRODUMIN S.A se han realizado, durante su operación minera, distintos trabajos en el ámbito de proyectos integradores, uno de los más destacados y que sirve de apoyo, lleva como título “Optimización de costos al sistema de explotación subterránea en la veta Kathy de la empresa PRODUMIN S.A”. Donde se menciona que no existían parámetros técnicos en el proceso de extracción del mineral para el sistema de control de costos de la explotación, aseverando que la optimización conlleva a un mejoramiento continuo de los procesos mineros por lo que se necesita contar con una explotación racional y técnicamente justificada para poder obtener una mejor rentabilidad de la extracción por tonelada del mineral, mejor aprovechamiento e incluso costos óptimos. De tal manera que, en este proyecto se concluyó que mediante la optimización del método de explotación los costos por toneladas totales se redujeron en un 19%, mientras que en la perforación y voladura se disminuyó en un 17% y el transporte se optimizó en un 30 % ya que se tuvo una mejor estabilidad de la roca y menos volumen de mineral estéril (Villacrés, 2016).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar los costos generados dentro del proceso de extracción del material de la veta Naily, para el análisis de la ley de corte en función de las actividades y tonelaje extraído.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las actividades involucradas en el proceso de extracción para el levantamiento de información de los costos respectivos.
- Desarrollar un modelo con ayuda de herramientas informáticas, que permita el análisis y posterior cálculo de los costos actuales del proceso de extracción.
- Calcular la ley de corte requerida para el conocimiento de la rentabilidad del proyecto que se realizará en el sector de la veta Naily.

1.5 Zona de estudio

1.5.1 Ubicación de la empresa minera PRODUMIN S.A.

La empresa minera PRODUMIN S.A se encuentra ubicada al suroeste del Ecuador en la parte más baja de la cordillera de los Andes, específicamente en la Provincia del Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, sector La López. Labora bajo el contrato de operación minera otorgados por la Cooperativa de Producción Aurífera Bella Rica, que le permite operar dentro de la concesión “Bella Rica”, la cual es delimitada por el área generada dentro de los siguientes vértices:

Tabla 1.1 Coordenadas del área concesionada "Bella Rica"

AREA CONCESIONADA “BELLA RICA”		
COORDENADAS WGS 84		
VERTICES	X (E)	Y (N)
PP	640950.8376	9661276.3505
P1	643050.8201	9661276.3477
P2	643050.8182	9659876.3594
P3	645750.7956	9659876.3558
P4	645750.7926	9657676.3743
P5	640950.8329	9657676.3808

Fuente: Base Topográfica del departamento de Geología (PRODUMIN S.A.)

La empresa ubica su boca mina en las siguientes coordenadas:

Tabla 1.2 Coordenadas de la boca mina de la empresa PRODUMIN S.A.

BOCA MINA PRODUMIN S. A		
COORDENADAS UTM (DATUM PSAD 56, ZONA 17 S)		
X (E)	Y (N)	COTA
642994	9659076	375

Fuente: Base Topográfica del departamento de Geología (PRODUMIN S.A.)

De tal manera que, PRODUMIN S.A. se ubica tal y como se muestra en la figura 1.1, además de que acorde a las coordenadas antes mencionadas la empresa minera está ubicada geográficamente tal y como se muestra en la figura 6.5 en el anexo B.



Figura 1.1 Ubicación de la empresa minera PRODUMIN S.A.

1.5.2 Geología Regional

La empresa minera se asienta en la unidad Pallatanga conocida antes como Piñón de la Sierra en donde predominan las rocas volcánicas del Cretácico, además comprende de basaltos toleíticos, lávicos, masivos y almohadillas con intrusiones básicas y cantidades subordinadas de volcanoclásticas, sedimentos pelágicos y rocas ultramáficas. (Carrión G., 2010)

1.5.3 Geología Local

En el campo mineral se puede apreciar un conjunto preponderante de rocas volcánicas, andesitas y basaltos, presentando unas exposiciones muy típicas en los frentes de trabajo como basaltos de coloración verde y stockworks de epidota, cuarzo y clorita de manera irregular.

No obstante, “en el sector Bella Rica existe una alteración con clorita, calcita, epidota y actinolita +/- esfena, también existen alteraciones hipotermales locales,

estructuralmente controladas, comúnmente en forma de vetillas que crean “Stockworks” de epidota, actinolita, pirita, albita, cuarzo, clorita, calcita”. (López R., 2017)

Además, dentro del sector donde se ha llevado a cabo las labores mineras, existe la presencia de dos fallas de carácter dominantes:

- Ubicando un rumbo de N65°E, con buzamiento de 60° en dirección NW.
- Ubicando un rumbo EW, con buzamiento de 45° en dirección N.
- Ambas generan un desplazamiento, de las vetas sinestral de tipo normal, entre 0.2 m a 12 m.

1.5.4 Mineralización

Los depósitos en los que se encuentra son de tipo epitermal de baja sulfuración presentando una mineralización comprendida entre pirita, calcopirita, galena, esfalerita, malaquita, pirrotina, cuarzo, plata y oro.

Además, la roca de caja en su mayoría está conformada por andesita, con diferentes coloraciones entre azuladas y verdosas, que corresponden a rocas básicas e intermedias. Este tipo de roca se la encuentra en casi la totalidad de las galerías de forma maciza, resistente y compacta. Las fisuras y fracturas que se presentan son poco consideradas.

1.6 Marco teórico

En la evaluación de costos dentro del proceso de extracción se debe tener en cuenta los conceptos descritos a continuación:

1.6.1 Costos

Se lo define como “un sacrificio de recursos que se asignan para lograr un objetivo específico. Un costo por lo general se mide por la cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes o servicios” (Horngren, Datar & Rajan, 2012, pág. 27).

1.6.2 Elementos de los costos

Estos están vinculados entre sí de tal manera que están a disposición del proceso productivo permitiendo, ya sea producir uno o varios productos o incluso generar servicios. Estos son:

- **Materiales o materia prima.** - Son aquellos que serán transformados durante el proceso de producción respectivo dando lugar al producto final.

Por ejemplo, en minería los materiales que intervienen en aquel proceso son: los fulminantes, las dinamitas, los barrenos, entre otros.

- **Mano de obra (fuerza laboral).** - Corresponde al conjunto de gastos relacionados con el capital humano. También se lo define como “la fuerza creativa del ser humano ya sea físico o intelectual requerido para transformar los materiales con ayuda de máquinas, equipos y tecnologías” (Cárdenas L., Gavilanes M., 2018).

Referente a la minería, la mano de obra representa los sueldos y beneficios sociales que perciben los obreros o trabajadores los cuales se dividen en grupos, de tal manera que se tiene para aquellos que laboran dentro de la mina, ya sea extrayendo o acarreando el mineral, así como también del personal que resuelven problemas técnicos que intervienen directamente en la producción (Lalangui M., Eras R. & Burgos J., 2018).

- **Otros insumos (costos indirectos).** - Estos son imprescindibles para el proceso de producción, aunque no llegan a identificarse con el producto.

A modo de ejemplo, en el campo de la minería están representados por los servicios que se prestan a esta actividad, así como también de la depreciación de activos con los que cuenta la mina, seguros, entre otros (Lalangui M., Eras R. & Burgos J., 2018).

1.6.3 Clasificación de costos

Según su identidad

Estos costos se clasifican mediante la identificación con una actividad o producto.

Estos son:

- **Costos directos**

“Se relacionan con el objeto de costos en particular y pueden atribuirse a dicho objeto desde un punto de vista económico” (Horngren, Datar & Rajan, 2012, pág. 28).

Es decir que dichos costos están vinculados ya sea con productos o servicios cuya cantidad, en precio, asignada es representativa.

- **Costos indirectos**

De los mismos autores citados anteriormente, mencionan que los costos indirectos “se relacionan con el objeto de costos particular; sin embargo, no pueden atribuirse a dicho objeto desde un punto de vista económico”. Un ejemplo de costos indirectos es en sí los sueldos de los administradores de la planta quienes supervisan la producción de distintos tipos de vehículos producidos en la planta de Spartanburg. De tal manera que estos costos administrativos se relacionan con el producto porque la administración de planta es necesaria para la producción respectiva.

1.6.4 Costos de producción

Corresponde a “todos aquellos costos que son necesarios de incurrir para la elaboración del producto, ya sea de manera directa (mano de obra, insumos, materiales e inventarios de materia prima) o indirecta, como por ejemplo servicios de apoyo a la producción” (Rojas D., Castillo E., 2015).

1.6.5 Costo de extracción en minería

Este llega a ser un costo determinante para la industria minera. Es aquel que va representando el precio a costo de la materia prima que llega a ser procesada en la planta de beneficio de la industria. Se lo obtiene considerando los siguientes elementos de costos:

- Materiales: considerando que no existe material sobrante alguno que se llegue a utilizar dentro del proceso de extracción.
- Mano de obra: ya sea mano de obra directa e indirecta, se las puede aplicar al costo de extracción en función del tonelaje extraído.
- Gastos indirectos: se debe tener en cuenta la depreciación de equipos, maquinarias y herramientas, así como también posibles arrendamientos de equipos.

1.6.6 Modelo de costos

Se define como una estructura lógica implementada para apreciar los costos acordes al objetivo que se desea alcanzar, donde va a existir una vinculación entre factores necesarios y resultados, para el presente proyecto, estos factores tendrán una perspectiva cuantitativa en donde se expresa la cantidad necesaria para poder obtener la ley de corte. Por lo que, con un modelo de costos normalizado se permitirá considerar la cantidad normal de elementos que generan gastos en función a las condiciones preestablecidas de las actividades del proceso de extracción, es decir, “que se establecen costos normales para ser utilizados como medida de rendimiento contra la cual contrastar los costos incurridos realmente en las actividades” (Verasay P., 2013).

1.6.7 Ley de corte del mineral

Se lo define como “el criterio empleado normalmente en minería para discriminar entre mineral y estériles” (Buscetto E., 2001).

También, hace referencia al valor de los metales contenidos en una tonelada de mineral que va cubriendo aquellos costos incurridos desde la etapa de extracción hasta la colocación en el mercado teniendo presente las recuperaciones durante su tratamiento, siendo así una ley mínima explotable que permite considerar como reserva mineral un bloque mineralizado, la cual en caso de extracción de plata y oro puede ser expresada en g/ton o \$/ton. Cabe recalcar que el volumen de material, cuya ley está por debajo de la ley de corte, se lo considera como estéril dado que su contenido metálico reducido, en su tratamiento, no llega a cubrir los costos del proceso de producción. En sí, el valor de esta ley equivale al costo necesario para que la reserva minera sea económicamente rentable, por lo que, los elementos que intervienen en la ley de corte son: los costos involucrados en el proceso de producción, el método de minado, las recuperaciones metalúrgicas y la cotización del metal (Morales J., 2015).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este proyecto se analizó y evaluó de manera cuantitativa los costos que se generan durante el proceso de extracción de la veta Naily, perteneciente a la empresa minera PRODUMIN S.A, ya que se determinó la necesidad de plantear una evaluación de costos para identificar la rentabilidad del proyecto. Para esto se realizó el levantamiento y la estimación de costos relacionados con la extracción del material, así como también de los costos del material de oro fino y de molienda, por lo que se identificó, mediante el tonelaje extraído, y los gastos antes descritos, si el proyecto genera utilidades. Las principales actividades que generan costos y que están relacionadas directamente en la etapa de extracción son las que se detallan en el siguiente diagrama:

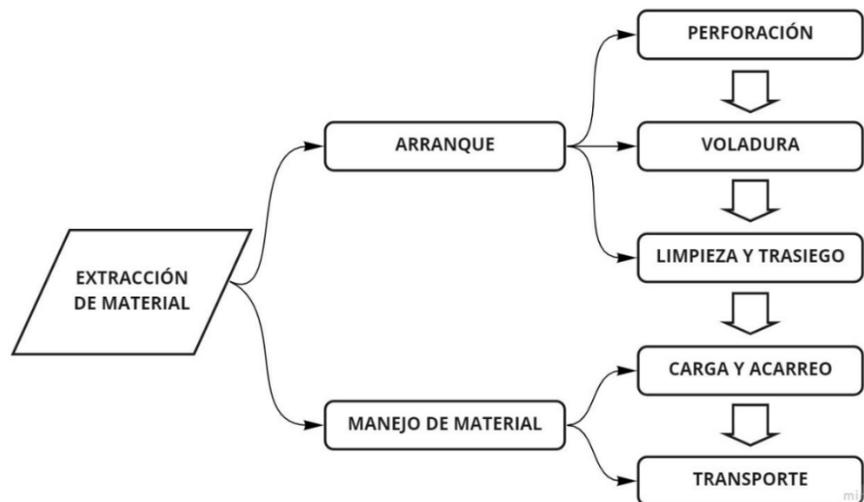


Gráfico 2.1 Diagrama de las actividades del proceso de extracción

2.1 Universo y muestra

El universo que se seleccionó para poder desarrollar este proyecto integrador es la empresa minera PRODUMIN S.A. que opera dentro de la concesión “Bella Rica”. Mientras que, la muestra fue el sector donde se encuentra la veta Naily. Esta muestra se eligió debido a que se requirió una evaluación de costos de la

etapa de extracción del material de veta, además de poder realizar el cálculo de una ley de corte con el costo unitario por tonelada obtenido.

2.2 Diagrama metodológico

Los pasos en los cuales se desarrolló el proyecto, a modo de resumen, se detallan en el siguiente diagrama metodológico, donde en la primera etapa se realizó la identificación del problema y revisión bibliográfica, la segunda etapa fue el levantamiento de información y procesamiento de datos y como tercera etapa se dio la obtención de la ley de corte y análisis de resultados.

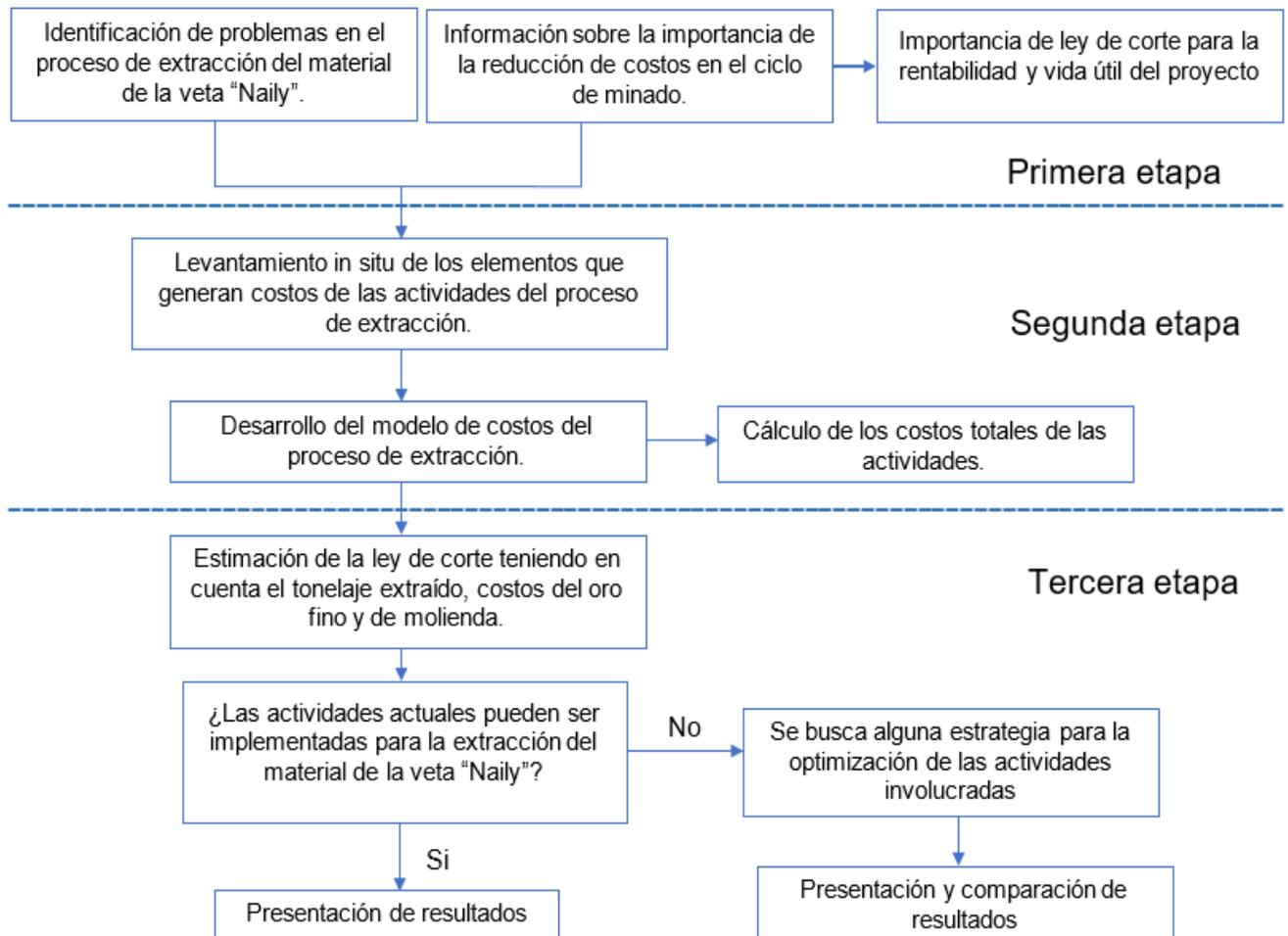


Gráfico 2.2 Diagrama metodológico

2.3 Desarrollo del proyecto

El proyecto se desarrolló a través de los siguientes pasos, cuyo alcance se explica a continuación:

2.3.1 Primera etapa

Identificación del problema

Dado que se identificó que la ejecución de todos los procesos involucrados en la producción actual genera elevados costos de extracción conllevando a la búsqueda de sectores con mejores leyes reduciendo la vida útil de la mina. Además, se determinó que el problema principal es la falta de una evaluación de costos respectiva al proceso de extracción que permita el cálculo y el análisis de la ley de corte en la zona de estudio de interés, de tal manera que se dificultó conocer si el proyecto era rentable o no con los parámetros técnicos implementados actualmente, incluso esto ha conllevado a que exista una débil toma de decisiones, así como también la ausencia de estrategias que logren reducir los costos involucrados en las etapas del proceso.

Revisión bibliográfica

Se revisó los estudios realizados dentro de la empresa minera PRODUMIN S.A. ya que sirvió para identificar la importancia de la reducción de costos en las operaciones existentes, siendo esto el resultado de la implementación y optimización de los estándares en las etapas del ciclo de minado, esto para la mejora de los procedimientos conllevando al control e implementación de factores de éxito en cada operación unitaria, ya sea la perforación, voladura, carga y transporte.

Además, se reconoció que agrupar la información levantada in situ de los elementos que generan gastos en las distintas etapas involucradas dentro del sistema de explotación de la empresa minera sirvió para realizar el cálculo de los costos totales involucrados en la producción de la misma. Por lo que, se apreció que el análisis de estos permite identificar las variables críticas o etapas del proceso de producción que generan un costo unitario por tonelada elevado. Esto implicó en la búsqueda de propuestas de mejora para la disminución de los

costos en aquellas etapas obteniendo así una ley de corte que garantice cubrir todos los gastos de la operación de mina, así como también maximizar el beneficio económico de esta empresa minera.

2.3.2 Segunda etapa

Se accedió a la base de datos de la empresa minera PRODUMIN S.A, en donde se identificó, de cada actividad minera de la etapa de extracción, los costos involucrados, a estos se los clasificó según su identidad, teniendo así lo siguiente:

Costos directos

- Costos de insumos de perforación y generales.
- Costos de insumos de explosivos.
- Costos de maquinarias y equipos
- Costos de equipos de protección personal.
- Costos de mantenimiento de equipos y maquinarias.
- Sueldo del personal involucrado en cada actividad.
- Costos del consumo de energía eléctrica de mina.

Costos indirectos

- Sueldos del personal de superficie y administrativos.
- Costos de mantenimiento de la infraestructura del campamento.
- Costos del consumo de energía eléctrica de instalaciones.

Levantamiento de información

Además, se complementó estos aspectos clasificados de los costos con el levantamiento in situ, en interior mina y superficie, mediante una observación participativa interactuando con las personas involucradas en las actividades, además se contó con la colaboración del departamento técnico de la empresa, identificando de esta manera los elementos utilizados como se muestra a continuación clasificados por cada actividad:

Perforación

Este proceso es realizado por las perforadoras marca Atlas Copco de tipo Jack Leg modelo YT27 que es una herramienta neumática de trabajo manual, esta cuenta con un reservorio de aceite o comúnmente llamada “chancha” en la cual

se coloca un litro de aceite ISO-150 por cada malla a perforar para realizar la mezcla aire-aceite y ayudar en la lubricación. Otro accesorio son las brocas de 1 ½ pulgada de diámetro que está instalada a través de los barrenos atlas copco de 1.60 m con una durabilidad de 2400 m lineales de perforación, las cuales permiten realizar agujeros en el frente, esto con la finalidad de armar las mallas de perforación para las galería, chimeneas y subniveles, que serán luego llenadas con carga explosiva para la respectiva fragmentación y desplazamiento de la roca. El personal encargado de esta actividad son los perforistas y sus respectivos ayudantes.

Voladura

Se identificó que como explosivo iniciador utilizaban el fulminante # 8 conectado con una mecha lenta de 1.6 m de largo, esto como guía de seguridad y a su vez este iba conectado a la dinamita boliviana, de 7/8"x7", formando así la carga de fondo, mientras que para la carga de la columna se utilizaba tacos de nitrato de amonio, siendo estos los insumos que se utilizan en la voladura. Esta actividad es realizada por los mismos perforistas y ayudantes luego de determinar el proceso de perforación. A continuación, se muestra el diagrama de carga utilizados en los taladros en las mallas de perforación en el interior mina:

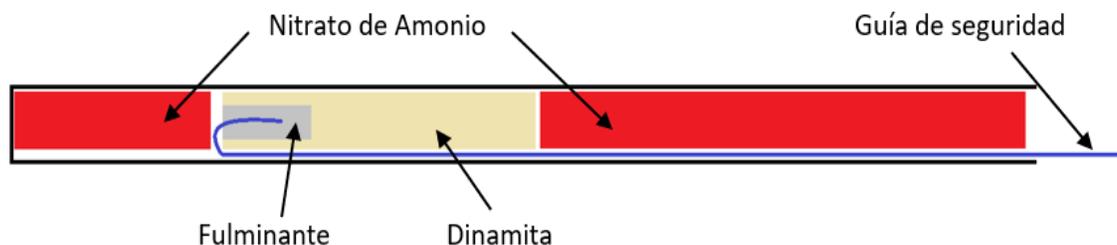


Figura 2.1 Diagrama de carga de los taladros

Limpieza y trasiego

Esta actividad se realizaba luego de haber efectuado la voladura y haber ventilado el área de trabajo. Antes de la labor de limpieza se aplica el riego de agua sobre la peña para la identificación de zonas inestables donde posteriormente se realiza el correcto desquinche de rocas sueltas ubicadas en

los techos y paredes de la peña, asegurando así el área de trabajo. En esta actividad se identificó que quienes la realizaban eran los operadores de limpieza. Para voladuras realizadas en los tajos, además de asegurar el área, se observó que realizaban la operación de trasiego, la cual consiste en desalojar el material fragmentado, llevándolo hasta la chimenea más cercana para ser extraído hacia superficie, por lo que se reconoció que para la realización de esta actividad se ocupaba una carretilla de ayuda en el transporte del material en donde incluso interactuaban los operadores de limpieza.

Carga y Acarreo

Para la actividad de carga en el nivel 0, el cual es el nivel principal, se constató la implementación de una pala cargadora neumática EIMCO 12-B que se desplazaba sobre los rieles, en donde incluso se observó que la descarga del material se realizaba hacia los vagones mineros U-35. Mientras que, en el acarreo se observó que el vagón cargado era trasladado encima de la línea de riel hasta una zona cercana donde se alojaban una cantidad determinada de estos para su posterior extracción hacia la superficie por medio de la locomotora. Además, la carga del material que provenía de niveles superiores se efectuaba directamente sobre los vagones mineros U-35, estos estaban acoplados directamente a la locomotora. Cabe recalcar que las personas involucradas en la actividad de carga era el operador de la cargadora neumática y para el acarreo el respectivo operador de limpieza.

Transporte

Se identificó que la extracción del material hacia la superficie se realizaba por medio de los vagones U-35 los cuales son previamente cargados por la cargadora neumática o por medio de los buzones, también, se observó que los vagones son transportados por medio de la locomotora eléctrica, hasta la tolva de gruesos de las trituradoras primarias, botaderos o lugar designado para el acopio del material. A su vez, se identificaron que las personas involucradas en esta actividad fueron el operador y el ayudante de la locomotora.

Cabe recalcar que, todas estas actividades o etapas productivas se pueden apreciar en el anexo A.

Además, se pudo constatar el uso de los equipos de protección personal (EPP), que fueron necesarios en las jornadas de trabajo para realizar cualquier tipo de actividad en interior mina, por lo que se identificó los siguientes EPP utilizados:

- Casco minero.
- Lámpara minera.
- Guantes marca Showa 330.
- Respirador marca 3M de media cara, con sus respectivos filtros, cartuchos y retenedores.
- Tapones auditivos marca 3M EAR u orejeras H510P3.
- Botas de caucho con punta de acero.

Actividades en superficie

Aparte de haber identificado las actividades de interior mina, se constató las actividades que se realizaban en superficie relacionadas a las labores efectuadas dentro de mina. Las actividades que fueron identificadas en superficie son:

- Coordinación de personal.
- Levantamientos y mapeos.
- Mantenimientos de equipos.
- Elaboración de cargas explosivas.

En estas actividades el personal involucrado que se observó fue: el jefe de campo, supervisor, mecánico, electromecánico y personal de polvorín.

Administración

Además, se contó con información referente a las áreas involucradas en la parte administrativa de la empresa minera, teniendo en cuenta que estos no estuvieron directamente involucrados en la extracción del material, dicho esto, las áreas identificadas fueron las siguientes:

- Administración gerencial
- Área técnica
- Bodegas
- Compras
- Campamentos

- Contabilidad
- Gestión ambiental
- Inspectores
- Laboratorios
- Área legal
- Producción
- Sistemas
- Talento humano (TT. HH)
- Unidad de seguridad y salud en el trabajo (USST)
- Seguridad física

Mantenimiento de equipos

Cabe recalcar que, los equipos necesarios para realizar todas las actividades antes mencionadas necesitan de un mantenimiento continuo los cuales generan costos, por lo que adicional a los equipos utilizados dentro de mina, también se identificó otros elementos que también requieren de mantenimiento, siendo estos:

- Compresores y pulmones.
- Bombas de agua.
- Infraestructura de campamentos.

También se tomó en consideración los costos que se manejan por parte del consumo eléctrico generado en el sector.

La información que se obtuvo con respecto a los elementos identificados de las actividades en la etapa de extracción se las tabuló, con el fin de resumir los aspectos antes descritos.

Tabla 2.1 Elementos identificados que generan costos en la etapa de extracción

	Actividades/ Grupos	Elementos identificados			
		Insumos/herramientas	Equipos/maquinarias	Personal/Áreas	Equipos de protección personal
En interior de mina	Perforación	Barras Atlas Copco 1.60m, broca de ½ pulgada y aceite iso 150	Perforadoras Atlas Copco YT27	Perforista y ayudante de perforación	Casco minero, lampara minera, guantes marca SHOWA 330, respirador marca 3M de media cara con sus respectivos filtros, cartuchos y retenedores, tapones auditivos marca 3M u orejeras H510P3 y botas de caucho con punta de acero
	Voladura	Fulminante # 8, mecha lenta, dinamita boliviana 7/8"x7" y nitrato de amonio	No requieren		
	Carga y acarreo	No requieren	Pala cargadora neumática EIMCO 12B, vagones y carros mineros	Operadores de limpieza	
	Transporte		Locomotora, rieles y vagones mineros U-35	Operador de la cargadora neumática y de limpieza	
	En superficie	Coordinación de personal, mantenimientos de equipos y elaboración de cargas explosivas	No requieren	No requieren	
Administrativos		Administración general, laboratorios, área legal, seguridad, talento humano, contabilidad, bodegas, campamentos, unidad de seguridad y salud en el trabajo, etc.			No requieren

Procesamiento de datos

Mediante la tabulación de los elementos que generan costos en el proceso de extracción, por medio de la herramienta informática Microsoft Excel, se desarrolló el modelo de costos normalizado donde se los relacionó y agrupó en apartados distinguibles, ya que al tener agrupados los datos respectivos se pudo calcular, el costo unitario del proceso. De tal manera que, de cada apartado del modelo se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos para el cálculo de los costos mensuales respectivos:

Personal

En este apartado se incluyó lo siguiente:

- La cantidad del personal que labora en interior mina, de acuerdo con la labor realizada, ya sea:
 - Galería.
 - Chimenea.
 - Tajo o subnivel.
- La cantidad del personal que realiza actividades en superficie.
- Los sueldos destinados a cada cargo incluyendo los beneficios sociales establecidos en el código de trabajo del Ecuador, tales como:
 - Décimo tercer sueldo.
 - Décimo cuarto sueldo.
 - Fondos de reservas.
- El costo de la alimentación brindada por parte de la empresa minera hacia los trabajadores.

Equipos de protección personal (EPP)

Se consideró, para el cálculo de costos en este apartado, lo siguiente:

- La cantidad de los EPP empleados según el personal que labora dentro de mina y en superficie.
- El precio unitario facturado de estos implementos.
- La durabilidad o renovación en meses.

Insumos de perforación

En este apartado se consideró lo siguiente:

- Insumos utilizados exclusivamente en la parte de perforación y clasificados según la sección donde se realizó esta actividad sea en:
 - Galería.
 - Chimenea.
 - Tajo o subnivel.
- Precios por unidades de los insumos.
- Consumo de los insumos por cada disparo realizado con la perforadora.
- Disparos por días.
- Días laborales.

Insumos de voladura

Se tomó en cuenta, para el cálculo del costo total respectivo lo siguiente:

- Los insumos de explosivos ocupados para la voladura.
- El número de taladros cargados según las mallas de perforación de:
 - Galería.
 - Chimenea.
 - Tajos o subniveles.
- La cantidad de disparos diarios.
- Los días labores.

Administración

Para este apartado se contó con el costo total mensual de las áreas administrativas generadas para el total de los trabajadores de la empresa minera, el cual luego se lo proyectó para la cantidad del personal involucrado en el sector donde se extrae el material de la veta Naily. De tal manera que se incluyó para el cálculo del costo respectivo lo siguiente:

- Costo por trabajador de la parte administrativa.
- La cantidad del personal involucrado en la extracción del material de la veta.

Insumos generales

En este apartado se colocó todos los insumos adicionales que son utilizados para la instalación y correcto funcionamiento de las maquinarias, por lo que, se incluyó, para calcular el costo total, lo siguiente:

- La cantidad utilizada dependiendo del total de maquinarias implementadas en las actividades del proceso de extracción.
- El precio por unidad de los insumos.
- La durabilidad o renovación estimada en meses.

Mantenimientos y consumos de energía eléctrica

Se consideró los costos derivados de los equipos como lo son los respectivos mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos, así como también del mantenimiento del campamento, además se incluyó el costo que se generó del consumo de energía eléctrica en los años 2019 y 2020 causado por la utilización de equipos eléctricos en la mina.

2.3.3 Tercera etapa

Obtención de la ley de corte y análisis de resultados

Se estimó la ley de corte en gr de Au/ton, esto en función del:

- Tonelaje extraído mensualmente.
- Costo unitario por tonelada de todas las actividades del proceso de extracción.
- Costo por tonelada de molienda.
- Precio del oro fino.
- Porcentaje de pureza del lingote de oro.

Además, se identificó la rentabilidad del proceso de extracción del material de la veta Naily, mediante el cálculo de las utilidades en función al costo total del oro fino, de la molienda y de las actividades inmersas en el proceso de extracción.

Adicional a esto, se planteó una estrategia de mejora para la actividad del transporte, la cual consistió en implementar un nuevo camino para movilizar el material, teniendo en cuenta el tiempo empleado para realizar los viajes hasta superficie, por lo que se calculó el porcentaje de aumento del tonelaje extraído ocasionando una reducción del costo unitario por tonelada para la extracción, generando así una mayor rentabilidad del proyecto para la empresa minera PRODUMIN S.A.

Planteamiento de la solución en base a los resultados

Se procedió a realizar una comparación entre la ley de corte obtenida con las condiciones actuales para la extracción del material y el resultado de la ley de corte estimada por medio del nuevo camino propuesto para la actividad de transporte en la etapa de extracción, siendo esta una estrategia de mejora para el proceso. Logrando así un mayor beneficio para la empresa minera PRODUMIN S.A dado que se permite explotar zonas con una menor ley de corte, aumentando de esta manera la vida útil de la mina.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los costos involucrados en el proceso de extracción fueron obtenidos teniendo en consideración todos los aspectos implicados en el sector perteneciente a la veta Naily, ya que estos se encuentran relacionados con todas las actividades, de manera directa e indirecta. Las cuales han sido realizadas para llevar a cabo la extracción del material, involucrado a estos aspectos es también participe el tonelaje de material a extraer. Cabe recalcar que todos los datos que se usaron para la presentación de los costos, como resultados, fueron dados u obtenidos por parte de la empresa minera.

3.1 Costos involucrados en el proceso de extracción

3.1.1 Costo mensual del personal

Los costos mensuales correspondientes al personal operativo se obtuvieron en función de los trabajadores requeridos para las actividades en interior y exterior de mina, dentro de este costo se tiene en cuenta los beneficios a los que es acreedor cada trabajador dentro de la empresa. En base a lo descrito, el costo mensual del personal que forma parte del sector de la veta Naily se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Costo por mes del personal involucrado

Descripción	Personal	Total por labor
Labor de galería	Perforistas, ayudantes, operador de limpiezas y operador de cargadora neumática	6
Labor de tajo o subnivel	Perforistas, ayudantes de perforación y retiradores	8
Labor de chimenea	Perforistas y ayudantes de perforación	3
Actividades en superficie	Jefe de campo, supervisor, operador y ayudante de locomotora, y personal de polvorín	10
Costo mensual (\$/mes)		24,367.62

3.1.2 Costo mensual de los equipos de protección personal (EPP)

Se consideró todos los EPP con los que la empresa dispone y entrega a cada trabajador para que estos puedan realizar sus labores garantizando de esta manera la seguridad de ellos. Se toma en cuenta que los equipos de protección personal cuentan con un tiempo de durabilidad y esta es evaluada por el departamento de seguridad de la empresa, por lo tanto, el resultado obtenido en este apartado fue el siguiente:

Tabla 3.2 Costo mensual de EPP

Implementos	Cant. (und.)	Durabilidad (meses)	Precio unitario (\$/und.)
Casco minero	27	12	13.44
Suspensión para casco	27	6	8.40
Soporte para lampara minera	27	12	0.50
Guantes Showa 330	10	0.50	4.45
Guantes Showa 377	10	0.25	7.48
Respirador 3M	12	6	33.30
Cartucho retenedor de gases 3M-6003	27	0.75	12.72
Filtro para partículas 3M- 5P71	27	0.50	4.50

Retenedor de polvo 3M-501	17	6	3.23
Retenedor de polvo 3M-502	10	6	10.95
Prefiltro 3M-7093	10	0.25	15.94
Tapones auditivos 3M E-A-R	27	0.25	0.80
Orejera ajustable 3M- PELTORX403E	10	12	39.60
Kit de higiene para peltor X4	10	3	21.93
Costo mensual (\$/mes)			2,082.39

3.1.3 Costo mensual de insumos de perforación

En el cálculo del costo por mes para los insumos de perforación se tuvo en consideración los elementos correspondientes para esta actividad, incluyendo la cantidad de taladros a perforar para cada labor minera, ya sea galería, tajo/subnivel y chimenea, en las cuales se perforan 43, 36 y 25 taladros respectivamente. En base a esto, el resultado por cada labor realizada fue el siguiente:

Tabla 3.3 Costo mensual de insumos de perforación para galería con una perforación diaria

Insumos	Precio por unidad (\$/und.)	Metros de perforación	Costo por avance (\$)
Barreno ATLAS COPCO 1.60m	84.82	68.8 m	2.43
Broca ATLAS COPCO	23.21	68.8 m	19.96
Costo mensual (\$/mes)		671.76	

Tabla 3.4 Costo mensual de insumos de perforación para tajo/subnivel con dos perforaciones diarias

Insumos	Precio por unidad (\$/ und.)	Metros de perforación	Costo por avance (\$)
Barreno ATLAS COPCO 1.60m	84.82	115.2 m	4.07
Broca ATLAS COPCO	23.21	115.2 m	33.42
Costo mensual (\$/mes)		2,249.83	

Tabla 3.5 Costo mensual de insumos de perforación para chimenea con dos perforaciones diarias

Insumos	Precio por unidad (\$/ und.)	Metros de perforación	Costo por avance (\$)
Barreno ATLAS COPCO 1.60m	84.82	40 m	1.41
Broca ATLAS COPCO	23.21	40 m	11.61
Costo mensual (\$/mes)		781.12	

También se calcula el costo mensual en referencia al consumo de aceite efectuado por cada labor, como se muestra a continuación:

Tabla 3.6 Costo mensual de consumo de aceite

Labor	Consumo (l)	Precio (\$/l)
Galería	2	2.01
Tajo o subnivel	2	
Chimenea	1	
Costo mensual (\$/mes)		602.85

El costo mensual de la totalidad de las perforaciones realizada para la extracción del material de la veta Naily fue de \$4,305.36.

3.1.4 Costo mensual de los insumos de explosivos

Para el resultado del costo total mensual generado por la actividad de voladura, la cual está ligada a la perforación, se consideró la cantidad de taladrados a cargar según la labor minera realizada, también los insumos que fueron requeridos para realizar esta actividad, los días laborales y los disparos realizados diariamente, de tal manera que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 3.7 Costo mensual del consumo de explosivos en galería con un disparo diario

Insumos	Precio por unidad (\$/ und)	Taladros cargados
Fulminante #8	\$0.30	39
Dinamita boliviana 7/8"x7"	\$0.37	
Mecha lenta	\$0.30	
Nitrato	\$0.09/tubo	
Costo por voladura (\$/por voladura)		1,977.30

Tabla 3.8 Costo mensual del consumo de explosivos en tajo con dos disparos diarios

Insumos	Precio por unidad (\$/ und)	Taladros cargados
Fulminante #8	\$0.30	32
Dinamita boliviana 7/8"x7"	\$0.37	
Mecha lenta	\$0.30	
Nitrato	\$0.09/tubo	
Costo mensual (\$/por voladura)		3,244.80

Tabla 3.9 Costo mensual del consumo de explosivos en chimenea con dos disparos

Insumos	Precio por unidad (\$/ und)	Taladros cargados
Fulminante #8	\$0.30	21
Dinamita boliviana 7/8"x7"	\$0.37	
Mecha lenta	\$0.30	
Nitrato	\$0.09	
Costo mensual (\$/por voladura)		2,129.40

Por lo tanto, el costo total por mes para el consumo de los insumos de explosivos utilizados para la voladura del material de la veta Naily fue de \$7,351.50.

3.1.5 Costo mensual de los insumos generales

Los insumos generales que se consideraron fueron todas aquellas herramientas, accesorios e incluso materiales utilizados día a día para poder adecuar los equipos permitiendo realizar las actividades de la manera más correcta posible en los frentes de trabajo, los cuales van representando un costo en el proceso de extracción del material. Por lo que, el resultado total fue el siguiente:

Tabla 3.10 Costo mensual por los insumos generales

Insumos	Parámetros considerados
Acople 2" a 1", alambre galvanizado N14, teflón, destornillador estrella, manguera de polietileno 1" y 1/2", manguera hidráulica de 1" y 1/2", acoples de 1" y 1/2", pala puntona tomo, carretilla, alicate, cinta aislante negra, llave francesa, llave de corte 1" y 1/2", pie de avance y cabo 5/16	Precio por unidad facturado, cantidad utilizada y la duración o renovación por mes
Costo mensual (\$/mes)	819.15

3.1.6 Costo mensual de los trabajos administrativos

Se determinó el costo que genera el área administrativa por las diferentes labores involucradas de la extracción del material, de tal manera que se obtuvo como resultado lo siguiente:

Tabla 3.11 Costo mensual administrativo del sector

Descripción	Parámetros considerados	Costo mensual (\$/mes)
Grupo administrativo	Total de trabajadores requeridos	6,236.62

3.1.7 Costo mensual del mantenimiento de equipos e infraestructura

El costo mensual por las actividades de mantenimiento de los equipos de mina se calculó considerando los trabajos que se han realizado y que han sido registrados por el departamento técnico de la empresa minera por cada equipo. Adicional se incluye el costo por mantenimiento de infraestructuras del campamento, obteniendo así:

Tabla 3.12 Costo mensual por mantenimiento de equipos e instalación

Descripción	Costos (\$/mes)
Locomotora	594.33
Vagones U-35	385.11
Pulmones	13.57
Cargadoras Neumáticas EIMCO 12B	50.00
Compresores	311.81
Tableros	400.00
Bomba	125.00
Perforadoras Atlas Copco YT27	600.00
Rieles	1,250.00
Campamento	1,198.89
Total	4,928.71

3.1.8 Costo mensual del consumo de energía eléctrica

Teniendo en cuenta el consumo eléctrico del sector respectivo en los años 2019 y 2020, el resultado total fue el siguiente:

Tabla 3.13 Costo mensual por consumo de energía eléctrica

Descripción	Costo total mensual (\$/mes)
Consumo de energía eléctrica de los años 2019 y 2020.	1,865.35

3.1.9 Costos unitarios por tonelada

De la veta Naily se tiene estimado extraer 64 ton diarias por medio del trayecto hasta superficie haciendo uso del camino empleado actualmente para la movilización del material, por lo que mensualmente se proyecta 1920 ton. En base a este tonelaje, se calculó el costo unitario por tonelada de las actividades involucradas para la extracción del material, llegando así a obtener los siguientes resultados:

Tabla 3.14 Costo unitario por tonelada mensual

Apartados	Costo unitario por tonelada (\$/ton)
Personal	12.69
Administrativo	3.25
Equipos de protección persona (EPP)	1.08
Mantenimientos	2.57
Consumo energía eléctrica	0.97
Insumos generales	0.43
Insumos de perforación	2.24
Insumos de voladura	3.83
Total	27.06

Dado esta estimación mensual de los costos por tonelada involucrados en la extracción del material de la veta Naily, se separó, por procesos productivos, los costos mensuales tal y como se muestra en la tabla 6.1 del anexo C. Cabe recalcar que estos valores son exclusivamente para la extracción del material.

3.2 Cálculo de la ley de corte

Se realizó el cálculo de la ley de corte teniendo en cuenta el costo total de extracción, además de esto se consideró otros aspectos requeridos tales como: costos de molienda, precio del oro fino y porcentaje final de pureza del lingote de

oro. Por lo que, con estos aspectos y la cantidad de material posible a extraer, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 3.15 Ley de corte en base a extracción de material por camino actual

Parámetros	Valores
Costo de extracción por tonelada	27.06 \$/ton
Costo de molienda por tonelada	60 \$/ton
Precio de oro fino	50 \$/gr
% de pureza	80%
Ley de corte	
2.18 gr de Au/ton	

3.3 Utilidades obtenidas por el tonelaje a movilizar mediante el camino actual

En consideración del volumen de extracción proyectado por medio de los parámetros técnicos implementados, incluyendo el camino actual, además de considerar el costo total de la extracción en conjunto al de molienda y en base a la ley promedio que tiene la veta, se procedió a realizar una estimación de las utilidades que se generan en el sector, obteniendo así lo siguiente:

Tabla 3.16 Cálculo de ganancias en base al tonelaje de producción y ley promedio de la veta

Parámetros	Valores
Ley promedio de la veta	3.00 gr de Au/ton
Porcentaje de pureza	80.00 %
Precio de oro fino	50.00 \$/gr
Tonelaje extraído mensual	1920 ton
Utilidad mensual	\$63,243.46
Costo total por tonelada	87.06 \$/ton

3.4 Volumen requerido considerando la ley promedio de la veta Naily

Se calculó el tonelaje diario requerido, considerando todos los aspectos mencionados en el apartado anterior, por lo que se identificó cual es el tope mínimo de tonelaje que se necesita, teniendo en cuenta la ley promedio de mineral presente en la veta, para que la empresa minera no genere pérdidas económicas durante el proceso de extracción.

Tabla 3.17 Parámetros para el cálculo del tonelaje mínimo a extraer

Parámetros	Valores
Ley promedio de la veta	3.00 gr Au/ton
Precio de molienda	60.00 \$/ton
Porcentaje de pureza	80.00 %
Precio de oro fino	50.00 \$/gr
Tonelaje diario mínimo	28.87 ton
Tonelaje mensual mínimo	865.95 ton
Costo total por tonelada	120 \$/ton

3.5 Propuesta para la mejora en la producción del tonelaje a movilizar

Se ha propuesto una línea de transporte nueva cuyo costo de construcción y adecuación estimado tiene un valor de \$161,733.53, mencionado en el anexo G, el cual nos ha reflejado mejoras como las que se muestra a continuación:

3.5.1 Ley de corte considerando la propuesta de mejora

Se identificó que el camino actual para el transporte del material de interés presentaba gran cantidad de curvas y mal estado de la vía como se muestra en el anexo F, por lo que se realizaban los viajes respectivos en un mayor tiempo transportando. Es por tal motivo que, con la propuesta de este nuevo trayecto, con condiciones más favorables para transportar el material, se estimó un volumen de 80 ton a movilizar diariamente por lo que se redujo el costo total de

extracción por tonelada. De tal manera que, el resultado de la ley de corte, mediante la implementación de este nuevo camino, fue el siguiente:

Tabla 3.18 Estimación de la ley de corte en base a la extracción del material por el camino propuesto

Parámetros	Valores
Costo de extracción por tonelada	21.65 \$/ton
Costo de molienda por tonelada	60 \$/ton
Precio de oro fino	50 \$/gr
% de pureza	80%
Ley de corte	
2.04 gr de Au/ton	

Cabe recalcar que, los aspectos antes considerados para las actividades involucradas no se variaron de ningún modo, ya que solamente se destinó un nuevo trayecto para la extracción del material hasta la superficie.

3.5.2 Utilidades obtenidas por producción mediante el camino propuesto

Se estimó las utilidades en consideración del volumen de extracción proyectado por medio del camino propuesto, la ley promedio de la veta mencionada con anterioridad, y de los costos totales que se han generado en el sector de estudio, con esto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.19 Cálculo de utilidades en base al tonelaje extraído considerando la propuesta de mejora

Parámetros	Valores
Tonelaje diario	80 ton
Tonelaje mensual	2400 ton
Ganancia total mensual	\$92,043.46
Costo total por tonelada	80.45 \$/ton

3.6 Comparación de resultados

Mediante un contraste de varios parámetros entre el camino actual y la propuesta del camino proyectado, se calculó el porcentaje de mejora considerando la propuesta del nuevo trayecto, de tal manera que se obtuvo lo siguiente:

Tabla 3.20 Comparación por aspectos

Parámetros	Camino actual	Camino propuesto	Δ	Δ%
Distancia total (m)	2723.25	2870.78	147.53	5.42
Tiempo promedio (min)	121.27	91.91	29.36	24.21
Viajes por jornada	4	5	1	25.00
Tonelaje diario (ton)	64	80	16	25.00
Ley de corte (gr Au/ton)	2.18	2.04	0.14	6.22
Costo por tonelada de extracción (\$/ton)	27.06	21.65	5.41	19.99
Utilidades (\$/mes)	63,243.46	92,043.46	28,800.00	46.00

El plano de los caminos de transporte, actual y propuesto, se puede observar en el anexo D y E respectivamente.

3.7 Análisis de resultados

Para que el proyecto sea factible se calculó una ley de corte 2.18 gr de Au/ton por lo cual todo material cuya ley mineral se encuentre por encima de esta representa un beneficio económico a la empresa. Además, se conoció que, en base a los muestreos realizados, la ley promedio de la veta Naily es de 3 gr de Au/ton, por lo tanto la implementación de los métodos técnicos actuales, el personal que labora y los equipos utilizados para la extracción respectiva representan una rentabilidad para este proceso.

Considerando la ley promedio de la veta se procedió a calcular el tonelaje mínimo requerido diario y mensual siendo estos de 28.87 ton y 865.95 ton respectivamente. Por lo tanto, a partir de este tonelaje se comienzan a generar ganancias directas a la empresa.

Si se tiene un escenario de baja ley en la veta Naily, esta no deberá estar por debajo de los 2.18 gr de Au/ton, y el tonelaje de extracción no debe ser menor a 64 toneladas diarias. Por otro lado, con la propuesta del nuevo camino, la ley del material de la veta puede descender hasta los 2.04 gr de Au/Ton, por lo que se aprovecha de una mejor manera el sector de trabajo.

Con el camino actual el tiempo para transportar el material desde interior mina hasta la superficie genera un tiempo promedio de 121.27 min, debido a las malas condiciones que se presenta en el trayecto por donde la locomotora realiza su recorrido. Así que, para la propuesta presentada de un nuevo camino se estima tener un tiempo de extracción de aproximadamente 91.91 min, reduciéndose así en un 24.21%, generando un aumento del 25% en el volumen a movilizar por medio del transporte hasta la superficie logrando así reducir el costo por tonelada de la extracción en un 19.99%, esto implica en obtener una mayor rentabilidad debido al aumento en las utilidades del 46%, otro beneficio que genera esta propuesta es la reducción de la ley de corte en un 6.22%.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El costo mensual unitario para el proceso de extracción del material de la veta Naily es de 27.06 \$/ton.
- El costo por tonelada del proceso de planta es de 60 \$/ton, por lo tanto, el costo total para procesar una tonelada de material es de 87.06 \$/ton.
- Por medio de la herramienta informática Microsoft Excel se realizaron los cálculos respectivos de los costos que son generados por todas las actividades involucradas en la extracción del material, siendo estas: la perforación, voladura, carga y acarreo, transporte, además de incluir las actividades en superficie y los aspectos administrativos, con sus respectivos insumos.
- Se generó el modelo de costos para el cálculo de la ley de corte, que ayuda a obtener el costo unitario de las actividades involucradas, permitiendo aplicar estrategias de mejora, reduciendo el costo por tonelada del proceso de extracción.
- La ley de corte calculada fue de 2.18 gr de Au/ton, y la ley promedio presente en la veta es de 3 gr de Au/Ton, indicando de esta manera que el material extraído genera un beneficio económico.
- Se considera rentable el proceso de extracción del material proveniente de la veta Naily, ya que se generan utilidades de \$ 63,243.46.
- Con el modelo de costos se calculó el tonelaje mínimo requerido a extraer, el cual es de 28.87 ton/día u 865.95 ton/mes, la extracción de tonelajes superiores al calculado representan ganancias para la empresa.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda implementar la propuesta generada de un nuevo camino para el recorrido de la locomotora ya que así se obtendrá una mayor producción del material, llegando a incrementar el tonelaje a movilizar en un 25% en comparación a lo extraído actualmente, además de que la ley de corte se reducirá en un 6.22%, por lo que se estaría aprovechando de mejor manera el sector de trabajo, incluso el costo por tonelada de la extracción se disminuiría en un 19.99 % y las utilidades, generadas durante el proceso de extracción, aumentarían en un 46%.
- Aplicar el modelo generado para la evaluación de costos de diferentes vetas que tengan un sistema de extracción similar y que no cuenten con un debido análisis de la ley de corte.
- Realizar un análisis de los costos por actividad que permita identificar la que genera un costo elevado unitario en el proceso de extracción, para de esta manera plantear el desarrollo de posibles estrategias de optimización que logren reducir el costo inmerso.
- Mantener seguras las áreas de trabajo para evitar posibles daños a los equipos, herramientas y maquinarias, además de riesgos al personal que labora en interior mina para no incrementar el costo por tonelada de la extracción.
- Realizar un análisis de la actividad de perforación para identificar posibles optimizaciones que garanticen un proceso de mejora continua en las labores mineras logrando obtener una mayor cantidad de voladuras óptimas asegurando la producción mensual estimada.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre J. (2004). Sistema de costeo: La asignación del costo total a productos o servicios. Primera edición. Bogotá D.C. Colombia. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pág. 199
- Buscetto E. (2001). Conceptos generales, determinación de costos y control de gestión en un modelo de explotación minera. República de Argentina. Universidad Nacional de Tucumán.
- Cárdenas L., Gavilanes M. (2018). Análisis y optimización de costos de producción del sistema de explotación de minerales metálicos, caso aplicación Prodomin S.A. y Minervilla Cía. Ltda. (Tesis de ingeniero en minas, Universidad del Azuay: Facultad de ciencia y tecnología). Cuenca, Ecuador.
- Horngren C., Datar S. & Rajan M. (2012). Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial. Decimacuarta edición. Pearson. México.
- Lalangui M., Eras R. & Burgos J. (2018). Costos de producción: Estimación y proyección de ingresos. Primera edición. Editorial Utmach. Machala-Ecuador. Pág. 202
- Morales J. (2015). Determinación de CUT-OFF de mineral de cancha para la recuperación gravimétrica de oro-zona Limbani Puno. (Tesis de ingeniero en minas, universidad nacional de San Agustín de Arequipa). Arequipa, Perú.
- Rojas D., Castillo E. (2015). Caracterización de los costos de la gran minería de cobre. Chile. Comisión Chilena de Cobre.
- Verasay P. (2015). Aplicación de las herramientas de costos y gestión de las actividades mineras.
(Trabajo de investigación para el título de contador público nacional y perito partidor, universidad nacional de Cuyo). Provincia de Mendoza, República de Argentina.
- Villacrés D. (2016). Optimización de costos al sistema de explotación subterránea en la veta Kathy de la empresa Prodomin S.A. (Tesis de ingeniero en minas, universidad central del Ecuador). Quito, Ecuador.

6. ANEXOS

A. Actividades en interior mina



Figura 6.1 Actividad de perforación en tajo



Figura 6.2 Actividad de voladura en tajo



Figura 6.3 Actividad de limpieza y carga de material



Figura 6.4 Actividad de transporte

B. Ubicación de la empresa minera PRODUMIN

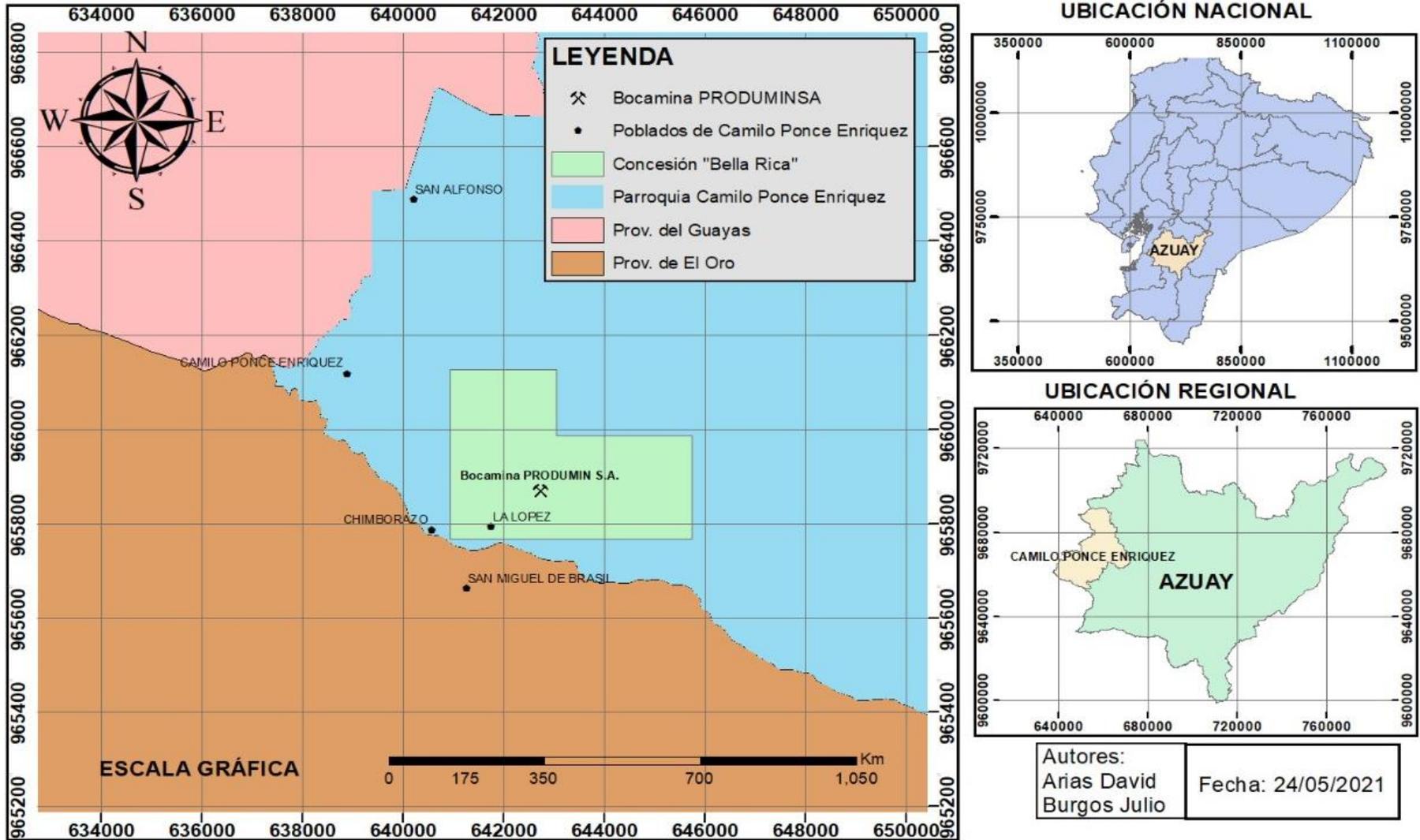


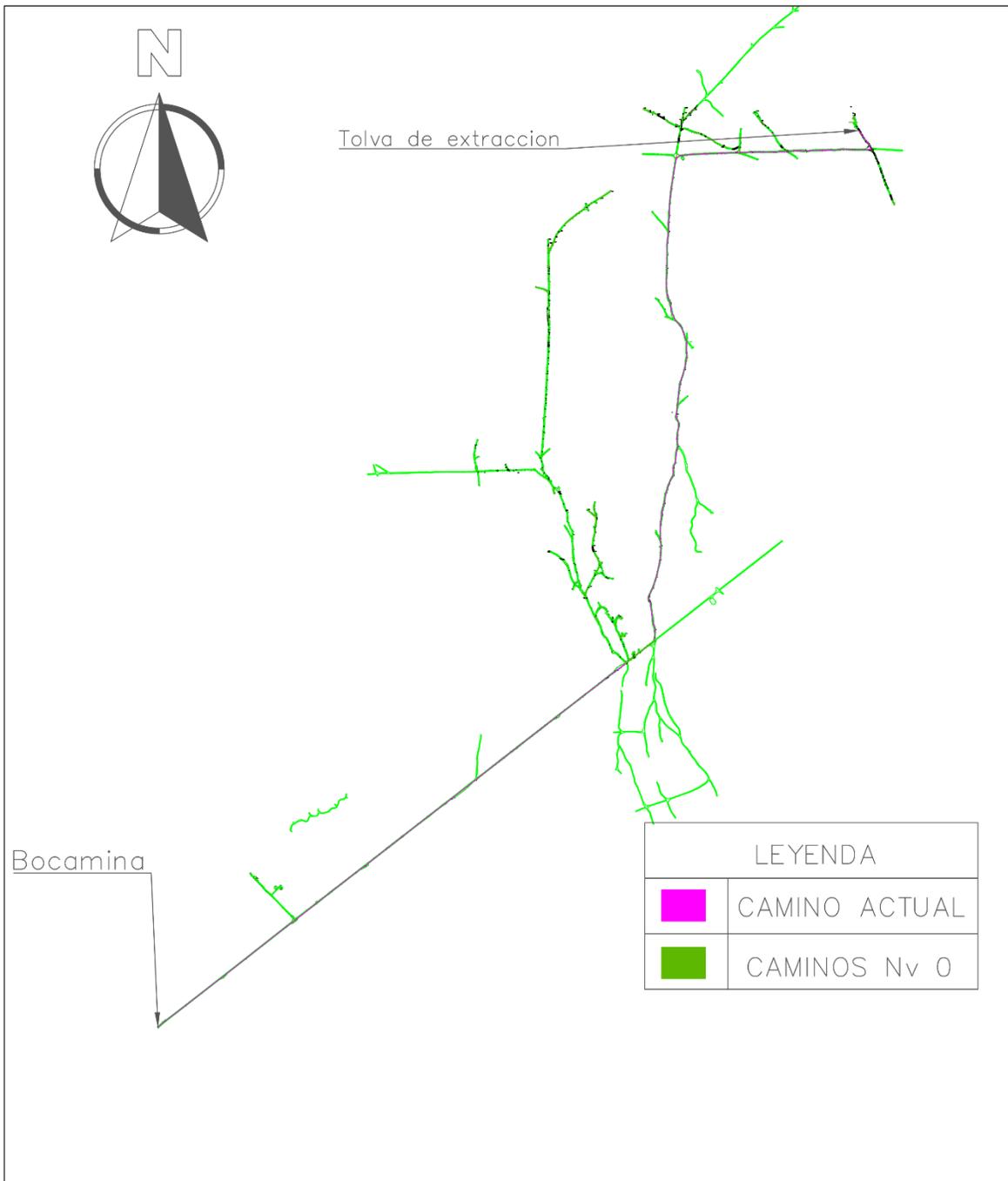
Figura 6.5 Ubicación geográfica de PRODUMIN S.A.

C. Costos totales por actividad del proceso de extracción

Tabla 6.1 Costos mensuales por actividad

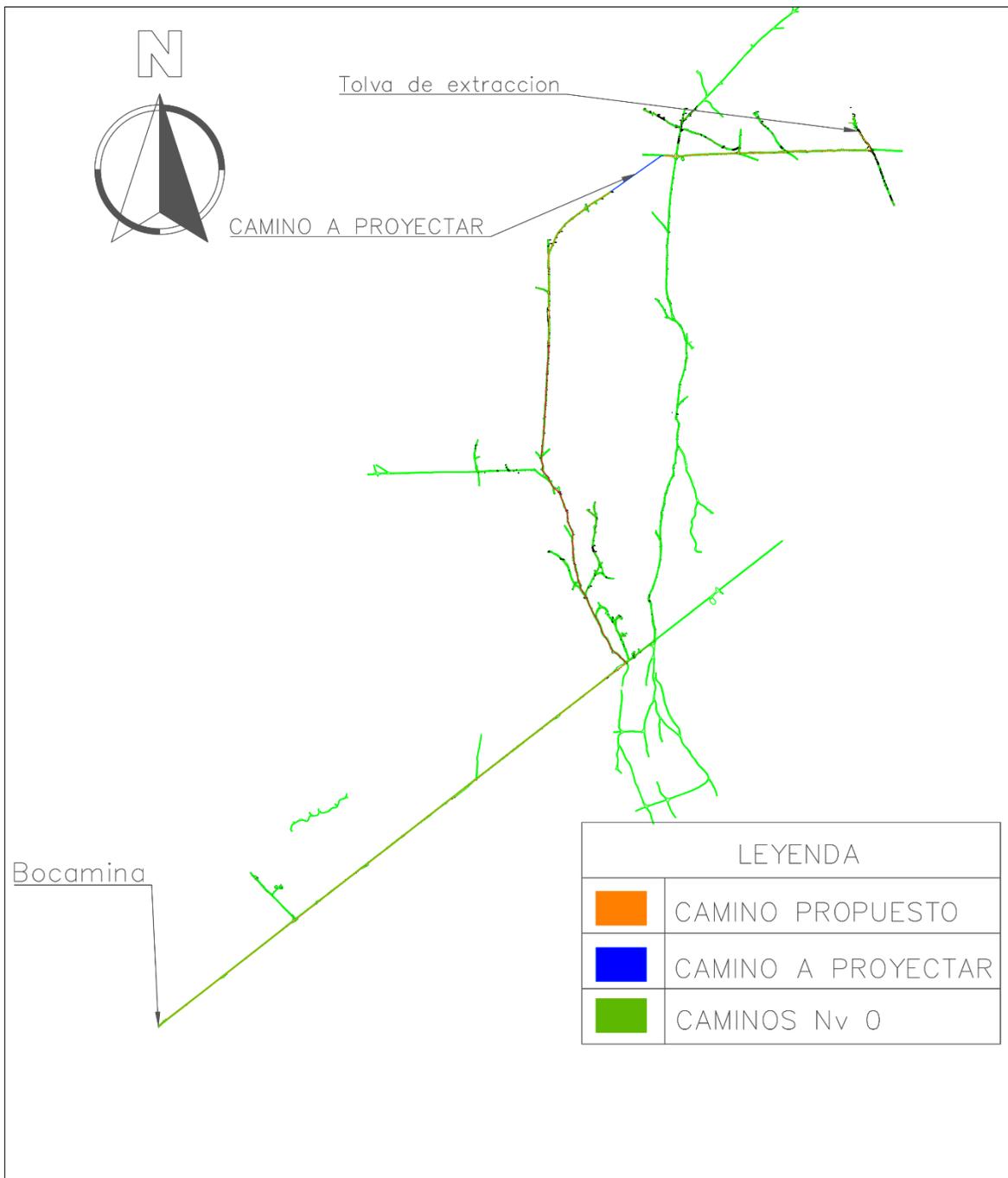
Costos del proceso de extracción		
Toneladas por mes:	1920	Ton
Actividades en interior mina	Descripción	Costos mensuales
Perforación	Insumos de perforación	\$10,592.38
	Mantenimiento de perforadoras	\$600.00
	Sueldos con beneficios para perforistas y ayudantes de perforación	\$9,982.06
Voladura	Explosivos	\$7,351.50
Carga y acarreo	Sueldos con beneficios para el personal de la carga y acarreo del material	\$5,744.98
	Mantenimiento de cargadoras neumáticas EIMCO 12B	\$50.00
	Mantenimiento de vagones	\$385.11
Transporte	Sueldos con beneficios del personal involucrado	\$1,821.42
	Mantenimiento de locomotora	\$594.33
	Mantenimiento de rieles	\$1,250.00
Actividades en superficie	Sueldos incluyendo beneficios del personal	\$6,819.01
	Administración del sector	\$6,236.62
	Mantenimiento de campamentos	\$1,198.89
	Mantenimientos generales	\$850.38
Otros elementos por considerar	Equipos de protección personal	\$2,082.39
	Insumos generales	\$819.15
	Consumo de energía eléctrica	\$1,865.35
Total (\$/mes)		58,243.56
\$/ton		27.06

D. Camino actual para el transporte del material de la veta Naily



TITULO:	Camino actual a tolva de extracción de material.		
FECHA:	07/Junio/2021	DISTANCIA TOTAL:	2723.25 m
AUTORES:	Arias Arcentales David Burgos Ruiz Julio	ESCALA:	1:7500

E. Camino propuesto para el transporte del material de la veta Naily



TITULO:	Camino propuesto a tolva de extracción de material.		
FECHA:	07/Junio/2021	DISTANCIA TOTAL:	2864.55 m
AUTORES:	Arias Arcentales David Burgos Ruiz Julio	ESCALA:	1:7500

F. Condiciones del camino de transporte actual



Figura 6.6 Roca incompetente



Figura 6.7 Inundaciones



Figura 6.8 Presencia de curvas pronunciadas

G. Costo total para la implementación de la propuesta de mejora

Tabla 6.2 Costo para la implementación del camino propuesto

Parámetros	Total
Personal	\$26,500.00
Instalaciones	\$59,961.72
Mantenimientos	\$3,005.20
Perforación y voladura	\$57,563.56
Total	\$147,030.48
Imprevistos	\$14,703.05
Total + imprevistos	\$161,733.53
Costo total por metro de avance	\$1,293.87